

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

**Stanovení optimálního dávkování ztekucujících přísad pro
ekonomickou výrobu transportbetonu**

**Determination of the optimal dosage fluidising ingredients for the
economic production of concrete**

Student:

Michal Kudela

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Šafrata

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Kudela**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb
Téma: Stanovení optimálního dávkování ztekucujících přísad pro ekonomickou výrobu transportbetonu
Determination of the optimal dosage fluidising ingredients for the economic production of concrete

Zásady pro vypracování:

1. Vysvětlíte, co to jsou reologické vlastnosti čerstvého betonu a jaké vlivy na ně působí.
2. Popište důvody použití ztekucujících přísad pro výrobu betonu. Uveďte jejich rozdělení podle báze, podle použití či jiných kritérií.
3. Zjistěte na reprezentantech základníchází jejich účinnost při různých dávkách a stanovte interval optimálního dávkování pro čerpání transportbetonu (konzistence S3, S4). Pro stanovení použijte výsledky měření čerstvého i ztvrdlého betonu.
4. Výsledky uveďte v přehledné formě v tabulkách a grafech.
5. V závěru uveďte doporučení pro zvolené reprezentanty a ekonomické zhodnocení.

1. Explain what rheological properties of fresh concrete are and what affected them.
2. Describe the reasons why fluidising additives for concrete production are used. State their dividing according to base, using other criteria.
3. Find out - through the representatives of fundamental basis - their efficacy at different doses and determine the optimal dosing interval for pumping mix concrete (consistency S3, S4). Use fresh and hardened concrete measurement results for the determination.
4. State the results in tabular form in tables and graphs
5. Give recommendations for elected representatives and economic evaluation in conclusion.

Seznam doporučené odborné literatury:

Pytlík, P.: Technologie betonu, VUTIUM 2000, ISBN 80-214-1647-5
Collepari, M.: Moderní beton, ČBS 2009, ISBN 978-80-87093-75-7
ČSN EN 206-1Z3 – Beton, Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda (2008)
Skupina norem ČSN EN 934-x, Přísady do betonu, malty a injektážní malty (2013),
Skupina norem ČSN EN 480-x, Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Zkušební metody
Firemní literatura dodavatelů přísad

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Šafrata**

Datum zadání: 31.10.2013
Datum odevzdání: 05.05.2014

Ing. Libor Židek
vedoucí katedry



prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 5. května 2014

.....

Michal Kudela

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu s její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 5. května 2014

Anotace

KUDELA, M. *Stanovení optimálního dávkování ztekucujících přísad pro ekonomickou výrobu transportbetonu*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, 2014. 86 s.

Bakalářská práce je zaměřena na stanovení optimálního dávkování vodoredukujících přísad různých bází pro ekonomickou výrobu transportbetonu. V první části jsou popsány důvody použití těchto přísad pro výrobu betonu, rozdělení podle bází a principy jejich působení. V další kapitole se práce zabývá popisem složek betonu, vlastnostmi betonu a metodami zkoušení čerstvého i ztvrdlého betonu. Následuje popis a příprava experimentu. Výsledky a vyhodnocení jsou přehledně zpracovány formou tabulek a grafů na základě určených požadavků, jakými jsou účinnost jednotlivých zkoušených přísad, závislost konzistence na čase a pevnosti v tlaku. Závěrem práce je srovnání výsledků, vyhodnocení z ekonomického hlediska a možnosti použití ve stavební praxi.

Klíčová slova: vodoredukující přísada, čerstvý beton, účinnost, konzistence

Abstract

KUDELA, M. *Determination of the optimal dosage fluidising ingredients for the economic production of concrete*. Bachelor thesis. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2014. 86 s.

The Bachelor thesis is focused on determining the optimal dosage of water reducing admixtures with a different basis for economic production of ready-mixed concrete. The first section describes the reasons for the use of these admixtures for concrete production, distribution according to the basis and principles of their functioning. In the next chapter, the work deals with description of the components of concrete, concrete properties and methods of testing of fresh and hardened concrete. It is followed by a description and a preparation of the experiment. The results and the evaluation are summarized and presented in the form of tables and graphs on the basis of specific requirements, such as the effectiveness of each examined admixture, dependence of consistency on time and compressive strength. At the end there is a comparison of results, evaluation of the economic aspects and the possibility of application in construction practice.

Keywords: water reduction admixture, fresh concrete, efficiency, consistency

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
1 Úvod.....	11
2 Přísady do betonu	13
2.1 Obecně o přísadách	13
2.2 Důvody použití vodoredukujících přísad v betonu	14
2.3 Rozdělení vodoredukujících přísad podle báze	15
2.3.1 Plastifikační přísady na bázi ligninsulfonátu – LS	15
2.3.2 Superplastifikační přísady na bázi naftalensulfonátu – SNF	16
2.3.3 Superplastifikační přísady na bázi sulfonovaného melaminu – SMF	17
2.3.4 Superplastifikační přísady na bázi polykarboxylátu, polykarboxylátéru a polyakrylátu – PC, PCE, PA.....	17
2.4 Princip působení vodoredukujících přísad v betonu	18
3 Reologie čerstvého betonu	21
3.1 Reologie cementového tmele	21
3.2 Konzistence čerstvého betonu	21
4 Beton a metody jeho zkoušení	23
4.1 Vlastnosti betonu	23
4.2 Požadavky na beton.....	23
4.3 Dělení betonu	24
4.3.1 Podle pevnostní třídy	24
4.3.2 Podle vlivu prostředí	25
4.3.3 Podle největší frakce kameniva	25
4.3.4 Podle konzistence.....	26
4.4 Složky betonu	26
4.4.1 Cement	27

4.4.2	Kamenivo	28
4.4.3	Voda	31
4.4.4	Příměsi	32
4.4.5	Přísady	32
4.5	Návrh složení betonu	33
4.6	Zkoušení betonu	33
4.6.1	Zkoušení čerstvého betonu	33
4.6.2	Výroba a ošetřování zkušebních těles	37
4.6.3	Zkoušení ztvrdlého betonu	38
5	Popis a příprava experimentu	41
5.1	Cíl experimentu	41
5.2	Použité materiály	41
5.2.1	Cement	41
5.2.2	Kamenivo	42
5.2.3	Voda	43
5.2.4	Přísady	43
5.3	Složení betonu	43
5.4	Výroba betonu	45
5.4.1	Dávkování složek betonu	45
5.4.2	Postup míchání	46
6	Výsledky experimentu	47
6.1	MasterPozzolith 95	47
6.2	MasterRheobuild 1026	49
6.3	MasterGlenium SKY 665	52
7	Vyhodnocení výsledků	54
7.1	Účinnost přísady	55
7.1.1	MasterPozzolith 95	55

7.1.2	MasterRheobuild 1026.....	55
7.1.3	MasterGlenium SKY 665	55
7.2	Závislost konzistence na čase.....	56
7.3	Pevnost v tlaku	56
8	Možnost použití MasterPozzolith 95	59
9	Ekonomické zhodnocení	61
10	Závěr	62
	Seznam použité literatury.....	63
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek	66
	Seznam grafů.....	67
	Seznam příloh.....	68

Seznam použitých zkratk a symbolů

A_c	průřezová plocha	$[\text{mm}^2]$
CEM	cement	
C_v	volné CaO	
C_2S	dikalciumsilikát (belit)	
C_3A	trikalciumaluminát	
C_3S	trikalciumsilikát (alit)	
C_4AF	tetracalciumaluminferit (celit)	
ČB	čerstvý beton	
D	objemová hmotnost čerstvého betonu	$[\text{kg.m}^{-3}]$
D_{max}	maximální jmenovitá herní mez kameniva	
d	velikost otvoru na zkušebním síti	$[\text{mm}]$
F	síla	$[\text{N}]$
f_c	pevnost v tlaku	$[\text{MPa}]$
$f_{\text{ck,cube}}$	charakteristická krychelná pevnost v tlaku	$[\text{MPa}]$
$f_{\text{ck,cyl}}$	charakteristická válcová pevnost v tlaku	$[\text{MPa}]$
LS	ligninsulfonát	
M	mezerovitost kameniva	
MG 665	superplastifikační přísada MasterGlenium SKY 665	
MP 95	plastifikační přísada MasterPozzolith 95	
MR 1026	superplastifikační přísada MasterRheobuild 1026	
M_A	aluminátový modul	
M_H	hydraulický modul	
M_S	silikátový modul	
M_v	volný MgO	
m	hmotnost	$[\text{kg}]$
PA	polyakrylát	
PC	polykarboxylát	
PCE	polykarboxylátéter	
SMF	sulfonovaný melamin s formaldehydem	
SNF	naftalensulfonát s formaldehydem	
S, V, C, F	stupně konzistence	

V	objem	[m ³]
w/c	vodní součinitel	
y	propad sítem	[%]
ρ_s	sypná hmotnost kameniva v setřeseném stavu	[kg.m ⁻³]
ρ_k	objemová hmotnost kameniva	[kg.m ⁻³]

1 Úvod

Již po mnoho desetiletí je beton nejpoužívanějším stavebním materiálem, a to nejen pro jeho vlastnosti jako je pevnost a trvanlivost, ale v mnoha případech také pro jeho estetičnost. Vzhledem ke stále se zvyšujícím požadavkům na beton bylo nutné přijít s řešením, jak tyto požadavky uspokojit. Proto v 30. letech minulého století začaly intenzivní práce v oblasti výzkumu a výroby chemických přísad zaměřené především na úpravu konzistence čerstvého betonu, redukci spotřeby záměsové vody, nižší pórovitost, zlepšení zpracovatelnosti a hlavně zvýšení pevnosti. Dnes se na trhu vyskytuje nepřehledné množství firem a společností, které se touto problematikou neustále zabývají. Díky širokému portfoliu svých produktů umožňují vyrábět beton s takovými parametry, kterých by bez použití přísad bylo jen těžko možné dosáhnout. Chemické přísady se proto staly stejně neopominutelnou složkou v betonu jako cement, kamenivo a voda.

Tak jako ve spoustě dalších odvětví, tak i v průmyslu chemie do betonu dochází ke značným změnám. Nové trendy vývoje přísad do betonu a možnosti pro betonářský průmysl objektivně popsal ve svém článku Ing. Vladislav Trefil, obchodní ředitel divize přísad BASF Stavební hmoty ČR s.r.o. [25]

Firmy, zabývající se vývojem a prodejem přísad, většinou poskytují pro své zákazníky odborný servis zaměřený, mimo jiné, na hledání optimálních řešení v oblasti výroby transportbetonů a prefabrikovaných dílců. S tím je spojen i návrh, jak technicky funkčních, tak ekonomicky výhodných receptur betonu. V současnosti, kdy se pohybujeme v ekonomicky složité době, a to nejen ve stavebnictví, je kladen velký důraz na výslednou cenu, za kterou jsou betonárny schopny vyrobit 1 m³ betonu. Tento fakt vede k šetření na některých složkách betonu a bohužel se tak děje i za cenu zhoršených vlastností ztvrdlého betonu.

Cílem této práce je nalézt určité rozmezí dávky vodoredukující přísady pro ekonomickou výrobu transportbetonu. Vhodnou dávkou je nutné dosáhnout určených požadavků na beton. Byly vybrány tři vodoredukující přísady různé báze, které jsou používány v dnešní době nejčastěji.

Práce je rozdělena do třech částí. V první části se zabývám teorií o vodoredukujících přísadách, důvody jejich použití v betonu a principy působení. Druhá část je zaměřena na beton jako celek a metody jeho zkoušení. V třetí části je popsán samotný experiment této práce.

2 Příklady do betonu

2.1 Obecně o přísadách

Příklady do betonu jsou látky, které zásadním způsobem ovlivňují vlastnosti čerstvého i ztuhlého betonu. Působí především na cementovou suspenzi a jejich působení je závislé na druhu cementu. Příklady se přidávají do betonu během míchání v množství od 0,2 do 5 % hmotnosti cementu. Celkové množství přísady v betonu nesmí překročit maximální dávkování doporučené výrobcem přísad, a pokud přesáhne dávka více než 3 l/m³ betonu, pak se toto množství musí vzít v úvahu pro výpočet vodního součinitele.[8]

Norma ČSN EN 934 – 2 [13] dělí přísady podle jejich hlavního účinku působení na beton na:

- vodoredukující – plastifikační
- silně vodoredukující – superplastifikační
- provzdušňovací
- stabilizační
- urychlující tuhnutí
- urychlující tvrdnutí
- zpomalující tuhnutí
- těsnící
- upravující viskozitu

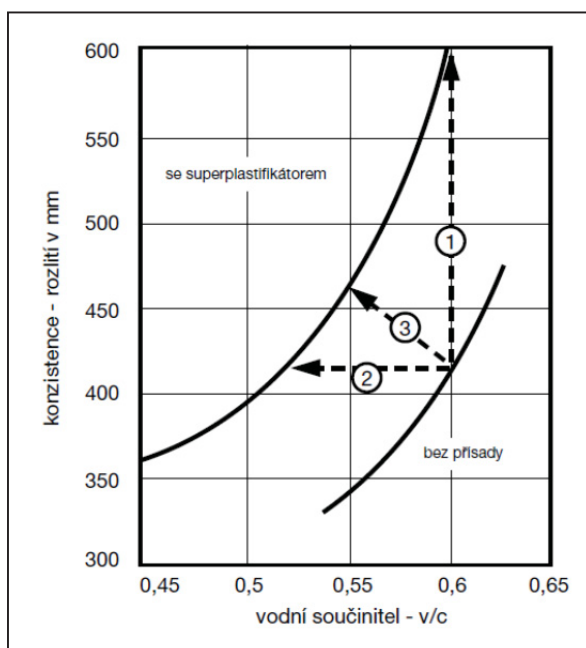
nebo kombinace některých těchto druhů.

Chceme-li přísadu účinně použít, je třeba si položit tři základní požadavky, kterými jsou účinnost, neškodnost a nepřítomnost chloridů. Účinností je myšleno dosažení určitých požadovaných vlastností, např. ztekucení. Neškodností ovlivníme kladně určitou vlastnost bez záporného působení na jinou vlastnost. A nepřítomnost chloridů znamená, že při maximální dávce přísady se do čerstvého betonu vnese jen určité množství chloridů, které nebude mít negativní vliv na výztuž, tedy nebude docházet ke korozi výztuže. [2]

2.2 Důvody použití vodoredukujících přísad v betonu

Jednoznačně nejvýznamnější skupinou jsou přísady plastifikační a superplastifikační, dříve nazývané ztekucující, které pokrývají cca 90 % potřeb stavebního trhu na přísady. Tyto přísady snižují povrchové napětí vody a zvyšují smáčecí schopnost záměsové vody. Záměr použití vodoredukujících přísady lze určit podle třech kritérií, které jsou patrné z obrázku (obr. 1).

1. Zlepšování zpracovatelnosti betonu při zachování vodního součinitele, tedy i pevnosti betonu.
2. Pokud budeme chtít zachovat výchozí zpracovatelnost, dokážeme použitím plastifikační přísady snížit vodní součinitel, tím zvýšíme pevnost betonu bez zvedání dávky cementu.
3. Pokud má zůstat stejná výchozí zpracovatelnost i pevnost betonu, je nutné při použití plastifikační přísady snížit množství záměsové vody a množství cementu tak, aby vodní součinitel zůstal konstantní. Toto opatření se využívá k dosažení úspor cementu.



Obr. 1: Vliv plastifikační přísady na konzistenci [2]

Zpracovatelnost betonu zlepšuje mnoho anorganických, a zejména organických látek. Mnoho z nich má však plastifikační účinek neznatelný a v praxi je nevýznamný. Mezi vodoredukující přísady řadíme tedy jen ty chemické látky, které již v malých dávkách (0,05 až 1 % účinné látky z hmotnosti cementu) v nemalé míře ovlivní reologické vlastnosti čerstvého betonu a nezhoršují ostatní vlastnosti betonu. [4]

Plastifikační přísady ovlivňují kromě zpracovatelnosti čerstvého betonu také vlastnosti ztvrdlého betonu. Snížením vnitřního tření mezi částicemi betonu umožňují tyto přísady dělat beton hutnější, čímž dochází k urychlení hydratačního procesu, ke snížení nasákavosti betonu, ke zvýšení pevnosti a odolnosti betonu a lze dosáhnout taktéž lepších pohledových ploch.

2.3 Rozdělení vodoredukujících přísad podle báze

Norma ČSN EN 934-2, jak je již uvedeno výše, používá termín vodoredukující přísady, jinak nazývané plastifikační a silně vodoredukující přísady, jinak nazývané superplastifikační. Podle složení makromolekulárního řetězce můžeme plastifikační a superplastifikační přísady rozdělit do několika skupin:

- ligninsulfonáty (LS)
- polykondenzáty naftalensulfonátu s formaldehydem (SNF)
- polykondenzáty sulfonovaného melaminu s formaldehydem (SMF)
- polykarboxyláty (PC), polykarboxylátétery (PCE) a polyakryláty (PA)

Často se dnes vyrábí vodoredukující přísady kombinací více bází. Např. LS s PCE nebo SNF s SMF.

2.3.1 Plastifikační přísady na bázi ligninsulfonátu – LS

Tyto přísady patří mezi nejdéle a dnes stále často používané. Používali se již v 50. letech minulého století. Přísady na bázi LS jsou vyráběny ze sulfitových výluhů chemickým zpracováváním dřeva. Hlavní účinnou složkou je ligninsulfonát, který může být

vápenatý, hořečnatý nebo sodný. Ligninsulfonáty vápenaté mají zpravidla vyšší účinnost než ostatní, ale v dnešní době se již používají málo. Nejčastěji se můžeme setkat s ligninsulfonátem hořečnatým. Velkou nevýhodou je vysoký zbytkový obsah sacharidů, a proto vznikají určité problémy s tuhnutím betonu. V modernějších produktech se proto tyto sacharidy částečně odstraňují za pomoci kvasných technologií. [5]

U plastifikačních přísad na bázi LS můžeme redukovat množství záměsové vody zpravidla o 5 až 10 %, aniž by docházelo k vedlejším účinkům, jako je výrazná retardace způsobená sacharidy a zachycování velkých vzduchových bublin, což zapříčiňují aktivní činidla ve dřevě. Pro redukcí vnášení vzduchu se při výrobě přidávají tzv. odpěňovače.

Betony s touto přísadou je možné vyrábět až do pevnosti 50 MPa. [1] Doporučené dávkování se pohybuje mezi 0,2 až 0,8 %. Při vyšších dávkách mohou zpočátku zpomalit náběhy pevností. Vyšší dávky je možno použít, avšak po provedení potřebných ověřovacích zkoušek. Dnes se převážně používají v oblasti transportbetonu u betonu nižších pevnostních tříd bez stupně vlivu prostředí. Výhodou je jejich nízká cena.

2.3.2 Superplastifikační přísady na bázi naftalensulfonátu – SNF

Tyto přísady mají silný ztekucující účinek, avšak pouze na časově omezenou dobu. Z počátku jejich výskytu, kolem roku 1970, byla jejich velkou nevýhodou krátká doba zpracovatelnosti, přinejlepším 45 minut, a proto se aplikovaly těsně před uložením betonu. Během doby dosáhla technologie výroby superplastifikačních přísad takového zdokonalení, že současné produkty udrží vysokou zpracovatelnost po dobu až 90 minut. Stále je však otázka zpracovatelnosti závislá na použitém cementu, kdy v některých případech nedávají dobré výsledky s žádnými cementy. [1]

Použitím přísad na bázi SNF je možná redukce záměsové vody i o více než 12 %. V dnešní době se nejčastěji používají tak jako ligninsulfonáty v oblasti transportbetonu nebo do betonů pro zhotovování podlah.

2.3.3 Superplastifikační přísady na bázi sulfonovaného melaminu – SMF

Dnes již málo používané superplastifikátory. Na trhu se objevili spolu s naftalensulfonáty počátkem 70. let. Vzhledem k jejich struktuře nelze počítat s výrazným smáčecím účinkem. Kapilární aktivita je zanedbatelná, a proto nevnašejí téměř žádné provzdušnění. [5]

Stejně jako naftalensulfonáty mají silný ztekucující účinek. Pro svou výraznou ztrátu zpracovatelnosti v krátkém čase se převážně používají ve výrobnách prefabrikátu, avšak díky neustálému vývoji superplastifikátoru na bázi polykarboxylátu se s nimi dnes téměř nesetkáme.

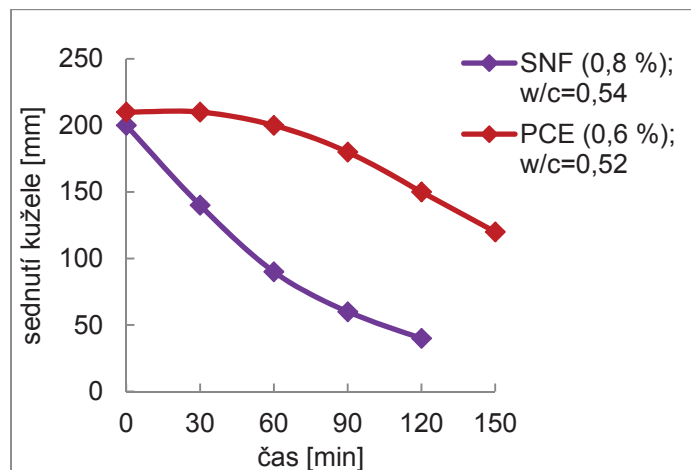
2.3.4 Superplastifikační přísady na bázi polykarboxylátu, polykarboxylátéru a polyakrylátu – PC, PCE, PA

Poslední generací superplastifikátoru jsou stále častěji používané superplastifikátory na bázi polykarboxylátu, polykarboxylátéru nebo polyakrylátu. Někteří výrobci těchto přísad používají také název hyperplastifikátory.

Tyto přísady mají plastifikační účinky především díky hřebenovité struktuře molekul, které absorbováním na povrchu zrn cementu udržují zrna v optimální vzdálenosti od sebe. Díky této struktuře není ztekucující efekt provázen příliš výrazným rozmísením čerstvého betonu. [5]

S pomocí těchto přísad je možné připravit betony natolik tekuté, že není za určitých podmínek potřeba zhutňování. Redukce záměsové vody je velmi výrazná. Použitím přísad na bázi PCE lze ve srovnání s přísadami na bázi SNF nebo SMF dosáhnout zlepšených vlastností čerstvého betonu, hlavně zpracovatelnosti v čase (graf 1), a samozřejmě konečných vlastností betonu jako jsou odbedňovací a konečná pevnost, modul pružnosti, odolnost vůči chemickým vlivům, smrštění a dotvarování. Je však nutné podotknout, že je vždy vhodné odzkoušet kompatibilitu přísady s daným druhem cementu. Konkrétní přísada totiž s některým druhem cementu nemusí vůbec fungovat.

Graf 1: Závislost konzistence na čase – superplastifikátory na bázi SNF a PCE

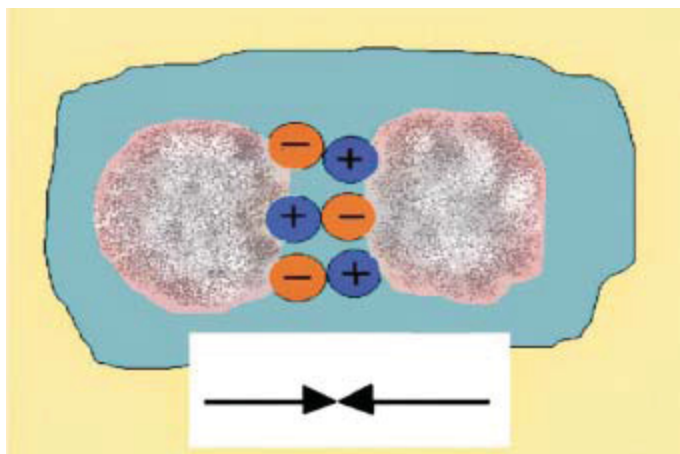


Velký rozmach těchto superplastifikátorů se odehrává v posledních 10 až 15 letech. Dnes bychom si vyrábět betony bez přísad na bázi PCE snad nedokázali ani představit.

2.4 Princip působení vodoredukujících přísad v betonu

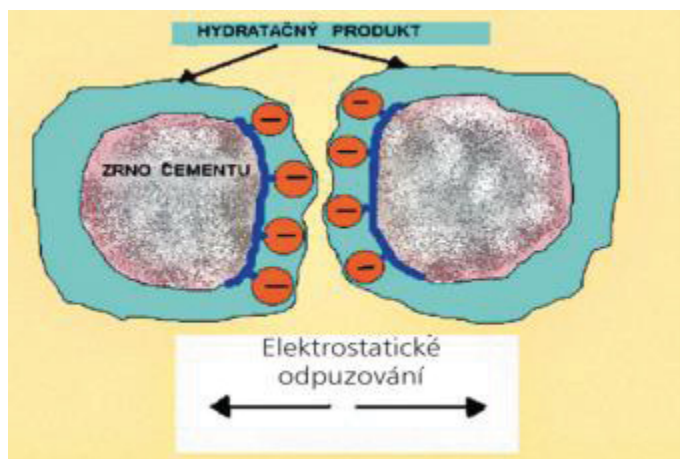
Vodoredukující přísady jsou povrchově aktivní látky přiřazené disperzním koloidům. Ve vodním prostředí se ukládají na povrchu pevných částic v betonu a zmenšují povrchové napětí. Koncentrace na povrchu je až tisícinásobně větší než koncentrace ve zbytkovém roztoku, proto působí i ve velmi malých dávkách. Účinek je potom ve snížení potřeby vody a ve zlepšení zpracovatelnosti. [2] Konečný efekt přísady je závislý hlavně na druhu cementu a v neposlední řadě i na původu cementu (konkrétním mineralogickým složením).

Na obrázku (obr. 2) je znázorněno shlukování částic cementu bez použití vodoredukující přísady. Při mletí slínku získávají jednotlivá zrna cementu nové povrchové plochy, na nichž se vyskytují elektrostatické kladné i záporné náboje. Cementová zrna mají proto tendenci se navzájem přitahovat a vytvářet shluky zrn, což ztěžuje průchod vody a snižuje využití cementu pro dostatek hydratačních produktů v potřebném čase. [26]



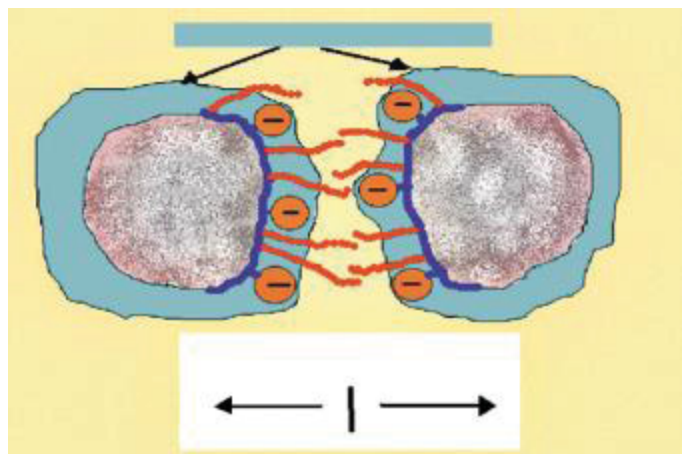
Obr. 2: Částice cementu bez použití přísady [26]

Princip působení plastifikační přísady je znázorněn na následujícím obrázku (obr. 3). Například plastifikační přísady na bázi sulfonátů mají řetězec molekul s negativním nábojem, kdy se části tohoto řetězce vážou na zrna cementu s kladným nábojem. Zbývající náboj směrem od zrn cementu způsobuje elektrostatické odpuzování jednotlivých zrn. Po dobu hydratace se molekuly plastifikátoru stále více obklopují hydratačními produkty, až se účinek přísady zcela potlačí. [26]



Obr. 3: Částice cementu s plastifikační přísadou [26]

Princip působení superplastifikátoru na bázi PCE je znázorněn na posledním obrázku (obr. 4). Hlavní řetězec těchto superplastifikátorů nese záporný náboj, vázaný na zrna cementu, a postranní elektricky záporný řetězec, s orientací do prostoru. Postranní řetězce rotují, takže vyplňují určitý prostor a zrna cementu se mohou k sobě přiblížit. Dosah těchto postranních řetězců je větší než působení záporných nábojů při přísadách na bázi sulfonátů, trvá déle než hydratační produkty zcela eliminují plastifikační účinek. [26]



Obr. 4: Částice cementu se superplastifikátorem na bázi PCE [26]

3 Reologie čerstvého betonu

Reologie je vědní obor o deformacích a toku hmoty. Jinak se dá nazývat jako fyzika deformací. Obor byl založen v roce 1926 stavebním inženýrem Markusem Reinerem, který se zabýval mechanikou a chemikem Eugenem Cook Binghamem, který se specializoval na koloidní chemii. Reologie objasňuje vztahy mezi strukturou, chemickým složením a mechanickými vlastnostmi látky, řeší vztahy mezi napětím, přetvořením a časem a dále řeší napjatost viskózních kapalin. Základní reologické vlastnosti, mezi něž řadíme napětí, deformace, viskozitu a další, značně ovlivňují chování betonu. [3]

3.1 Reologie cementového tmele

Cementový tmel, složený z částic do 0,25 mm, vody a chemických přísad, značně ovlivňuje reologické chování čerstvého betonu. Základní složkou cementového tmele je cementový gel. Jedná se o hmotu, obsahující v různých podobách vodu. Jedná se o vodu fyzikálně vázanou (vlivem hydratačních procesů chemicky vázanou), vodu koloidní v mikropórech a vodu volnou v kapilárách a makropórech. Tato voda má v cementovém tmele rozhodující význam a má několik funkcí. [24]

Smršťování – jedná se o zmenšení objemů betonu, ke kterému dochází odpařováním chemicky nevázané, tedy volné vody.

Nabývání – je opakem smršťování, kdy beton přijímá vodu z okolního prostředí a zvětšuje tak svůj objem.

3.2 Konzistence čerstvého betonu

Čerstvý beton je kompozitní látka, která je tvořena z kameniva a cementu, vody a dalších látek. Tento systém má omezenou soudržnost z důvodu velmi slabých vazeb mezi zrny. Vlastnosti systému závisí na objemovém zastoupení jednotlivých složek, mezerovitosti

kameniva, na vzájemném působení kameniva a cementu a na působení vnějších sil. Celý systém závisí na vnějších podmínkách prostředí, teplotě a času.

Konzistence je zvláštní technologická vlastnost vyjadřující odpor proti přetváření. Je obecně závislá na viskozitě a objemu cementového tmele a na kvalitě kameniva vyjádřené měrným povrchem kameniva, který je závislý na granulometrii a tvaru zrn. Viskozita cementového tmele je stanovena pro daný vodní součinitel, koncentraci a druh vodoredukující přísady a pro množství i měrný povrch příměsí v příslušném času a při konkrétní teplotě. [3]

Konzistenci čerstvého betonu měříme několika metodami podle ČSN EN 206-1. Metody měření jsou uvedeny v metodické části této práce, viz kapitola 4.6.1.

4 Beton a metody jeho zkoušení

4.1 Vlastnosti betonu

Beton má své charakteristické vlastnosti, které vznikají hydratací cementu, z nichž nejvýznamnější je pevnost v tlaku a odolnost proti vlivům prostředí. Další významnou předností je ochrana betonářské výztuže v železobetonu před korozi pro jeho vysokou zásaditost. Betonářskou výztuží se v betonu zvyšuje odolnost při namáhání v tahu, která je u tzv. prostého betonu, tedy u betonu bez výztuže, jen zlomkem pevnosti v tlaku. Velkou výhodou betonu je jeho tvarovatelnost a možnost recyklace.

Řekněme tedy, že vlastnosti betonu lze rozdělit do čtyř skupin podle společných znaků:

- mechanické vlastnosti – pevnost v tlaku, v příčném tahu, v tahu za ohybu a ve smyku,
- deformační vlastnosti – vlastnosti spojené se změnou objemu, působením vnějších sil (dotvarování) nebo působením vnitřních sil (smrštění),
- permeabilita betonu – popisuje pronikání kapalného media nebo plynů pórovitou strukturou cementového kamene (vodotěsnost, nasákavost, vztlínatost atd.),
- trvanlivost betonu – odolnost proti působení vnějších vlivů (mrazuvzdornost, chemická odolnost, odolnost proti korozi atd.).

4.2 Požadavky na beton

Požadavky na beton se deklarují specifikací betonu. Aby beton splňoval na něj kladené požadavky, musí se vyrábět ve stále stejnoměrné jakosti. Toto je zabezpečeno řadou normativních a doporučujících požadavků pro jeho výrobu a kontrolu. Základním betonářským předpisem je norma ČSN EN 206-1, dále úzce navazují soubory zkušebních metod pro čerstvý beton ČSN 12350-1 až 12, pro ztvrdlý beton ČSN EN 12390-1 až 8.

Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti uvádí norma ČSN EN 206-1 ZMĚNA Z4 v tabulce NA.F.1, viz příloha 1.

4.3 Dělení betonu

4.3.1 Podle pevnostní třídy

V závislosti na pevnosti betonu v tlaku se beton třídí do pevnostních tříd (tab. 1). Označení se skládá z „C“ odvozeného z anglického slova „concrete“ = beton. Následují dvě číslice. První číslice za C vyjadřuje minimální charakteristickou válcovou pevnost v tlaku ($f_{Ck,cyl}$), zjištěnou na válcích průměru 150 mm a výšce 300 mm. Druhá číslice vyjadřuje minimální charakteristickou krychelnou pevnost v tlaku ($f_{Ck,cube}$), zjištěnou na krychlích s délkou hrany 150 mm.

Tab. 1: Pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206-1 Změna Z3 [9]

Obyčejný a těžký beton		
Třída pevnosti	$f_{Ck,cyl}$ [MPa]	$f_{Ck,cube}$ [MPa]
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

4.3.2 Podle vlivu prostředí

V závislosti na agresivitě prostředí, ve kterém bude betonová konstrukce vystavena, rozdělujeme beton do sedmi stupňů vlivu prostředí. Označuje se „X“, písmenem určujícím typ agresivity a číslem určujícím intenzitu agresivity (tab. 2).

Tab. 2: Stupně vlivu prostředí podle ČSN EN 206-1 Změna Z3 [9]

Bez nebezpečí koroze nebo narušení			
X0	pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek: - všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu a rozmrazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí;		
	pro beton s výztuží nebo se zabudovanými kovovými vložkami: - velmi suché		
Koroze vlivem karbonatace		Střídavé působení mrazu a rozmrazování	
XC1	suché nebo stále mokré	XF1	mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků
XC2	mokré, občas suché	XF2	mírně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky
XC3	středně mokré, vlhké	XF3	značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků
XC4	střídavě mokré a suché	XF4	značně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky
Koroze vlivem chloridů, ne však z mořské vody		Chemické působení	
XD1	středně mokré, vlhké	XA1	slabě agresivní chemické prostředí
XD2	mokré, občas suché	XA2	středně agresivní chemické prostředí
XD3	střídavě mokré a suché	XA3	vysoce agresivní chemické prostředí
Koroze vlivem chloridů z mořské vody (v ČR se neuplatní)		Koroze vlivem mechanického působení (obrus)	
XS1	vystaven slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou	XM1	mírné nebo střední namáhání obrusem
XS2	trvale ponořen ve vodě	XM2	silné namáhání obrusem
XS3	smáčený a ostříkovaný přílivem	XM3	velmi silné namáhání obrusem

4.3.3 Podle největší frakce kameniva

Označování betonu podle největšího rozměru zrn kameniva se vyjadřuje písmenem D_{\max} a číslem vyjadřujícím maximální rozměr zrn kameniva (jmenovitý rozměr největšího zrna kameniva) daného betonu.

4.3.4 Podle konzistence

Klasifikaci betonu podle konzistence určujeme vždy na základě jedné z metod stanovení. Stupně konzistence podle jednotlivých metod nejsou přímo vzájemně srovnatelné. Značení a stupně jednotlivých metod jsou uvedeny níže (tab. 3). Převážně se používají metody podle ČSN EN 206-1 Změna Z3, ale je nutné zmínit i metodu sednutí-rozlítí pro samozhutnitelný beton, která se provádí podle ČSN EN 12350-8.

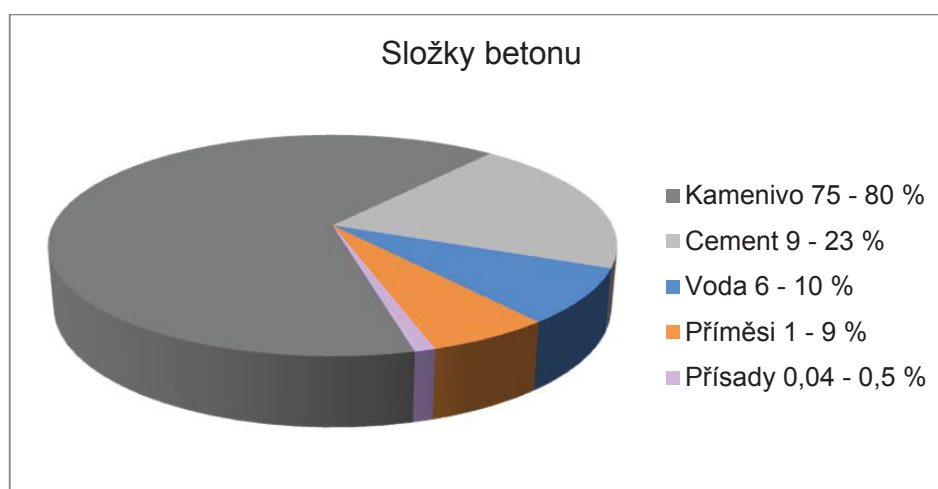
Tab. 3: Klasifikace konzistence podle ČSN EN 206-1 Změna Z3 [9]

Podle sednutí kužele (mm)		Podle Vebe (s)		Podle stupně zhutnitelnosti		Podle rozlítí (mm)	
S1	10 až 40	V0	≥ 31	C0	$\geq 1,46$	F1	≤ 340
S2	50 až 90	V1	30 až 21	C1	1,45 až 1,26	F2	350 až 410
S3	100 až 150	V2	20 až 11	C2	1,25 až 1,11	F3	420 až 480
S4	160 až 210	V3	10 až 6	C3	1,10 až 1,04	F4	490 až 550
S5	≥ 220	V4	5 až 3			F5	560 až 620
						F6	630 až 750
						F7	760 až 850

4.4 Složky betonu

Procentuální zastoupení jednotlivých složek betonu je znázorněno v následujícím grafu (graf 2).

Graf 2: Složení betonu



4.4.1 Cement

Cement je jemně mletá anorganická látka, hydraulické pojivo, která po smíchání s vodou vytváří cementovou kaši, která tuhne a tvrdne v důsledku hydratačních procesů, a to i pod vodou. Hydraulické tvrdnutí je důsledkem hydratace vápenatých silikátů a aluminátů obsažených ve slínku. Po zatvrdnutí si zachovává pevnost a stálost jak na vzduchu, tak ve vodě.

Výroba cementu probíhá pomocí slinování (tavení) výchozích surovin. Chemické a mineralogické složení cementu je poměrně variabilní. Obsah hlavních oxidů (CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃) dosahuje zpravidla 95 až 97 %. Chemické resp. mineralogické složení cementu je uvedeno v tabulkách (tab. 4 a 5).

Tab. 4: Chemické složení cementu [3]

Oxid	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ +K ₂ O	TiO ₂
%	56-68	16-26	4-8	1-8	0-5	0,5-4,5	0,1-0,3	0,8-1,5	0,1-0,5

Poměr hlavních oxidů v cementu vyjadřujeme tzv. moduly. Moduly vyjadřují poměry obsahu oxidu ve vstupní surovině.

- Hydraulický modul:
$$M_H = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad [-] \quad (1)$$

Hodnota hydraulického modulu se nejčastěji pohybuje od 1,9 do 2,2. Cement se zvýšenou tvorbou C₃S a C₃A má M_H > 2,4. Tyto slínkové minerály mají vyšší hydratační teplo, vyšší počáteční pevnosti, ale nižší odolnost proti agresivním látkám, jsou méně objemově stálé. Cementy s M_H < 1,7 vykazují nižší pevnosti. [3]

- Silikátový modul:
$$M_S = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad [-] \quad (2)$$

Hodnota zpravidla bývá 2,4 až 2,7. Vyšším M_S se vyznačují cementy s pomalejším tuhnutím, ale vyšší odolností k agresivnímu prostředí. [3]

- Aluminátový modul: $M_A = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad [-]$ (3)

Bývá 1,5 až 2,5. Vyšší hodnota zrychluje tuhnutí a výslednou pevnost, ale snižuje odolnost proti síranům. U bílého cementu je $M_A > 8$. [3]

Tab. 5: Mineralogické složení cementu [3]

Složka	Chemický vzorec	Symbol	Obsah [%]
Trikalciumsilikát (alit)	$3CaO.SiO_2$	C_3S	45-80
Dikalciumsilikát (belit)	$2CaO.SiO_2$	C_2S	5-32
Trikalciumaluminát	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A	4-16
Tetracalciumaluminoferrit (celit)	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	3-12
Volné vápno (CaO)	CaO	C_V	0,1-3
Volný MgO (periklas)	MgO	M_V	0,5-4,5

Cement se skládá z hlavních složek (portlandský slínek, granulovaná vysokopecní struska, kalcinovaná břidlice, pucolány, popílek, vápenec, křemičitý úlet), doplňujících složek, síranu vápenatého (upravujícího dobu tuhnutí) a přísad.

Rozeznáváme tři normalizované pevnostní třídy cementu. 32,5; 42,5 a 52,5; kde hodnota znamená pevnost v tlaku v $[N.mm^{-2}]$, stanovena podle ČSN EN 196-1 [6] ve stáří 28 dnů. Tato norma dále udává počáteční pevnosti cementu po 2 a 7 dnech. Rozeznávají se dvě podtřídy počátečních pevností. R – cementy s vysokou počáteční pevností a N – cementy s normální počáteční pevností. Pro cementy platí dále norma ČSN EN 197-1. [7] Tato norma zavádí dělení na cementy křemičitanové (běžného užití), dělené na pět hlavních druhů, značené CEM I až CEM V dle směsností, a dále na cementy hlinitanové a cementy speciální (viz příloha č. 2).

4.4.2 Kamenivo

Kamenivo zaujímá 75 až 80 % objemu betonu. Kamenivo je přírodní nebo umělá, převážně anorganická látka určená pro stavební účely, do velikosti 63 mm. To znamená,

že propadnou kontrolním sítím s čtvercovými otvory velikosti 63 mm. Tvoří funkci pevné kostry betonu, na kterou je obecně kladen požadavek minimální mezerovitosti, tedy požadavek na optimální zrnitost. Tohoto požadavku lze docílit vhodnou skladbou (vhodným poměrem) jednotlivých frakcí. Mezerovitost kameniva M má velký význam pro objem cementového tmele, který musí zaplnit dutiny mezi zrna kameniva a vypočte se ze vztahu:

$$M = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_k}\right) * 100 \quad [\%], \quad (4)$$

kde ρ_s je sypná hmotnost kameniva v setřeseném stavu [kg.m^{-3}] a ρ_k je objemová hmotnost kameniva [kg.m^{-3}].

Kamenivo rozdělujeme podle původu na:

- přírodní – to dále dělíme podle vzniku na těžené, drcené a těžené předrcené
- umělé – průmyslové odpady (struska, popílky, atd.) a průmyslově vyráběné kamenivo (liapor, perlit, expandit atd.)

Podle velikosti zrn kameniva na:

- jemné – do velikosti zrn 0,25 mm (moučka, filer)
- drobné – do velikosti zrn 4 mm
- hrubé – s velikosti zrn nad 4 mm

Podle objemové hmotnosti na:

- lehké – s objemovou hmotností do 2000 kg.m^{-3}
- hutné – s objemovou hmotností od 2000 do 3000 kg.m^{-3}
- těžké – s objemovou hmotností nad 3000 kg.m^{-3}

Pro získání přesnější představy o skladbě kameniva v betonu zjišťujeme tzv. zrnitost kameniva. Zrnitost vyjadřuje skladbu různě velkých zrn různého tvaru. Cílem je dosáhnout co

nejhnutnější skladby s co nejmenší mezerovitostí, která bude vyžadovat minimální dávku cementu, zajistí dobrou zpracovatelnost a vysokou pevnost betonu. Velikost zrn a jejich podílové zastoupení se stanovuje síťovým rozbořem. Množina zrn zachycená na sítu se nazývá frakce. V případě množiny zrn mezi síty s poměrem velikosti otvorů 1:2 hovoříme o frakci úzké, pokud je poměr vyšší, jedná se o frakci širokou. Základní sada sít se čtvercovými otvory pro normovou zkoušku má poměry velikosti otvorů 1:2 (0,063 – 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 – 31,5 – 63 mm), která se dále rozšiřuje o vložení sít se čtvercovými otvory velikosti 2,8 – 5,6 – 11,2 a 22,4 mm. [3]

Pro výpočet čáry zrnitosti je nutné znát a určit maximální zrno kameniva (D_{\max}) a dále hodnoty podsítného a nadsítného. Zrnitost vyjádříme čarou zrnitosti podle vzorce:

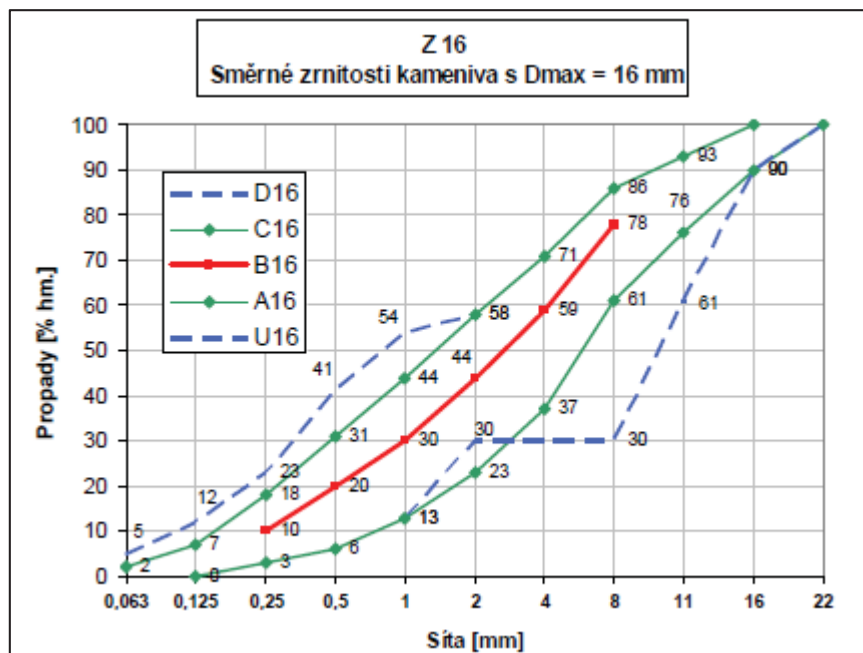
$$y = \left(\frac{d}{D_{\max}} \right)^n * 100 \quad [\%], \quad (5)$$

kde y je propad sítím o velikosti otvorů d [mm] a n je exponent (pro těžené kamenivo $n = 0,4$ a pro drcené kamenivo $n = 0,3$). [3]

Příslušné normy uvádějí tzv. směrné křivky zrnitosti vymezující vhodnou oblast zrnitosti kameniva. Směrné křivky zrnitosti pro kamenivo D_{\max} 16 mm jsou znázorněny v následujícím grafu (graf 3), kde vymezují:

- A až B: nejvhodnější oblast pro velkou část betonů; u čerpatelných, vodonepropustných a pohledových betonů je vhodná zrnitost v blízkosti křivky B;
- B až C: vyhovující zrnitost;
- při použití účinných plastifikačních přísad anebo při malém obsahu cementu a příměsi lze mezní křivku C nahradit mezní křivkou D;
- v případě použití přetržité zrnitosti se křivka A nahrazuje mezní křivkou U.

Graf 3: Směrné křivky zrnitosti pro kamenivo Dmax 16 mm [9]



4.4.3 Voda

Voda v čerstvém betonu plní dvě hlavní funkce, a to hydratační a reologickou. Hydratační funkci plní voda tak, že se podílí na hydrataci cementu a tím beton tuhne a tvrdne. Minimální množství vody pro hydrataci cementu je 23 až 25 % hmotnosti cementu. Reologickou funkcí vody se rozumí její podíl na tvorbě tvárného čerstvého betonu ve spojení s jeho složkami, specifikovaného stupněm konzistence. [3]

Technologicky rozdělujeme vodu na záměsovou, dávkovanou při míchání čerstvého betonu, a na ošetřovací, což je voda dodávaná po zatuhnutí betonu minimálně po dobu požadovaného udržení betonu ve vlhkém stavu.

Záměsová voda musí splňovat určité požadavky. Vhodnost záměsové vody i vody získané při recyklaci v betonárně je prokázána, pokud vyhoví prEN 1008:1997. [8]

V technologii betonu se setkáváme s výrazem vodní součinitel. Jedná o určitý ukazatel pevnosti betonu. Vodní součinitel, označovaný w/c je definován jako hmotnostní poměr účinného obsahu vody (w) k hmotnosti cementu (c) v čerstvém betonu. Účinný obsah vody je

potom definován jako rozdíl mezi celkovým obsahem vody přítomným v čerstvém betonu a vodou nasáknutou kamenivem.[8]

Vodní součinitel můžeme korigovat s ohledem na množství a druhu použitých příměsí a přísad.

4.4.4 Příměsi

Příměsi do betonu jsou jemné práškovité látky, které ovlivňují některé vlastnosti čerstvého i ztvrdlého betonu. Ve své podstatě tyto vlastnosti zlepšují. Mají vliv na obsah jemných částic, a proto mají vliv na konzistenci, zpracovatelnost, hutnost, odolnost a pevnost betonu a některé mohou ovlivnit i barvu betonu. Je však nutné věnovat pozornost vlivu na výztuž. Podle druhu příměsí se může také zvýšit smršťování a přetváření betonu a snížit modul pružnosti. Rozdělit je můžeme na dva druhy, a to podle působení v betonu. [3, 5]

Příměsi I druhu působí v hydratačních procesech téměř inertně, řadíme zde kamenné moučky (filery) a jemně mletý vápenec, nebo práškové barevné pigmenty, které musí vyhovovat ČSN EN 12620 resp. ČSN EN 12878.

Příměsi II druhu jsou charakteristické pucolánovými vlastnostmi nebo latentní hydraulicitou. Tyto vlastnosti se projevují svou aktivitou při hydratačních procesech, a proto je možné přidáním těchto příměsí snížit množství cementu v betonu a tím snížit vývin hydratačního tepla, ale za cenu pomalejšího vývoje pevností. Řadíme zde popílek do betonu dle ČSN EN 450-1, křemičitý úlet dle ČSN EN 13263 nebo jemně mletou vysokopecní strusku dle ČSN EN 15167-1. [2]

4.4.5 Přísady

Přísady do betonu viz kapitola 2.1.

4.5 Návrh složení betonu

Návrh složení betonu je velmi složitý úkol, který vyžaduje určité zkušenosti v technologii betonu. Navržené složení musí splňovat určité vlastnosti a požadavky na beton kladené, a proto je nutné mít tyto požadavky přesně specifikovány. Složení navrhujeme převážně podle agresivity prostředí, kterému bude betonová konstrukce vystavena, podle požadované pevnosti betonu a podle technologie zpracování čerstvého betonu.

Rozhodující vliv na vlastnosti navrženého betonu mají vlastnosti a podíly použitých složek betonu. Beton navrhujeme tak, abychom dosáhli minimální spotřeby cementu, který je nejdražší a energeticky nejnáročnější složkou betonu. [3]

Pro návrh složení betonu existuje mnoho metod, z nichž nejznámější jsou výpočetní metody, např. metoda podle Bolomeye, metoda podle Ch. T. Kenedyho nebo metoda podle Pavlíka. Tyto matematické modely jsou většinou platné pouze pro konkrétní složení betonu, konkrétní technologii a neakceptují funkci vodoredukujících přísad. Nemají obecnou platnost a nelze je dnes považovat za dostatečně věrohodné. [3]

4.6 Zkoušení betonu

4.6.1 Zkoušení čerstvého betonu

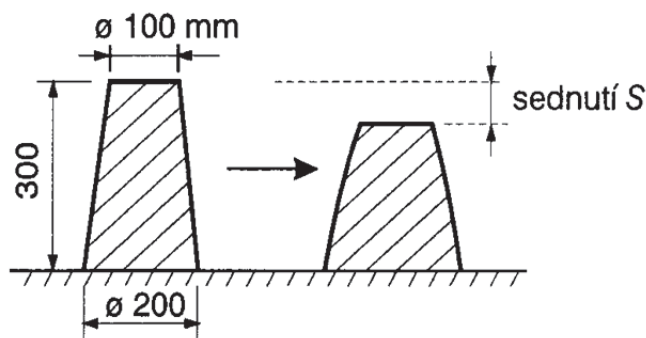
Zkoušení čerstvého betonu upravuje soubor norem ČSN EN 12350: Zkoušení čerstvého betonu.

- Konzistence

Podle povahy čerstvého betonu měříme konzistenci jednou ze čtyř metod:

Zkouška sednutí kužele – provádí se podle ČSN EN 12350-2 [14]. Nejběžněji používaná zkouška konzistence v oblasti transportbetonu. Princip spočívá ve stanovení míry sednutí betonu po sejmutí zkušební kužele, kdy se na vlhkou podložku postaví forma kužele, která se postupně plní třemi vrstvami čerstvého betonu. Každá vrstva se zhutní 25 vpichy

propichovací tyčí. Po zarovnání povrchu do roviny se forma zvedne během 2 až 5 sekund. Výsledkem zkoušky je rozdíl mezi nejvyšším bodem sednutého betonu a výškou formy. V případě usmýknutého kužele je nutno zkoušku opakovat. Výsledkem je stupeň konzistence S1 až S5.

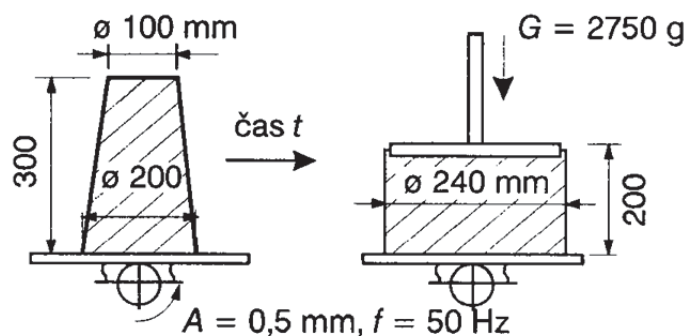


Obr. 5: Zkouška sednutí kužele (Abrams) [3]



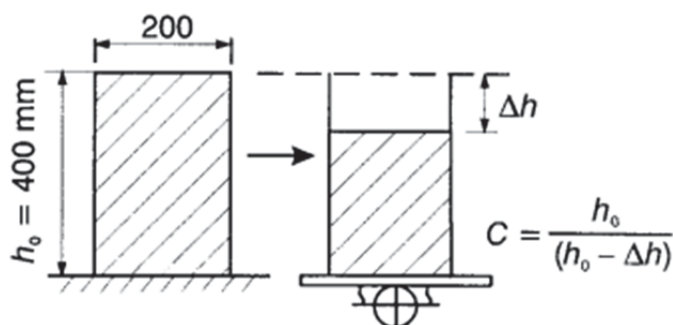
Obr. 6: Zařízení pro zkoušku sednutí - Abramsův kužel

Zkouška Vebe – provádí se podle ČSN EN 12350-3 [15]. Vhodná zejména pro tužší betony a zkoušky prováděné v laboratořích. Princip spočívá v přetváření betonu ve tvaru komolého kužele účinkem vibrace do tvaru válce, měřený v čase Vebe. Výsledkem je stupeň konzistence V0 až V4.



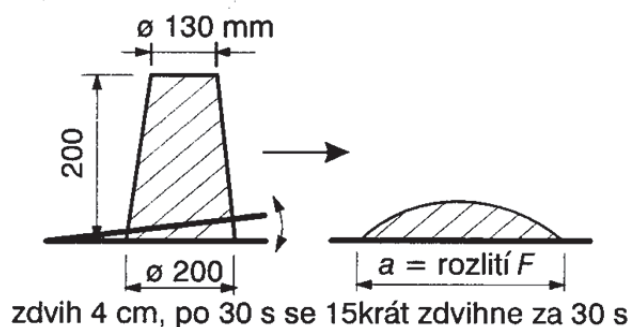
Obr. 7: Zkouška Vebe [3]

Zkouška stupně zhutnitelnosti – provádí se podle ČSN EN 12350-4 [16]. Použitelná pro betony všech konzistencí. Po naplnění zkušební formy čerstvým betonem až po okraj se pomocí vibrace hutní až do maximálního zhutnění, tzn. že není patrné další zmenšování jeho objemu. Poté se změří pokles v milimetrech každé strany formy a vyjádří se průměrná hodnota (Δh). Stupeň míry zhutnění se určí jako poměr výšky formy (h_0) k ($h_0 - \Delta h$). Výsledkem je stupeň konzistence C0 až C3.



Obr. 8: Zkouška stupeň zhutnění [3]

Zkouška rozlití – provádí se podle ČSN EN 12350-5 [17]. Vhodná pro betony měkké až tekuté. Princip spočívá ve stanovení míry rozlití betonu po střásání na tzv. střásacím stolku. Forma komolého kužele postavena na střásací stolek se naplní postupně ve dvou vrstvách čerstvým betonem a každá vrstva se zarovná desetinásobným dusáním předepsaným dusadlem. Po sejmutí formy se deska stolku 15krát zvedne do jeho horní polohy a nechá se volným pádem spadnout. Poté se změří rozměr rozlitého betonu ve dvou na sebe kolmých směrech a určí se průměr zaokrouhlený na 10 mm. Výsledkem je stupeň konzistence F1 až F7.



Obr. 9: Zkouška rozlití [3]

Je nutné podotknout, že výsledky jednotlivých metod nejsou přímo vzájemně srovnatelné.

Hodnoty stupňů jednotlivých zkušebních metod konzistence jsou uvedeny výše (kapitola 4.3.4, tab. 3).

- Objemová hmotnost čerstvého betonu

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12350-6 [18]. Do kovové, dostatečně tuhé, vodotěsné nádoby o objemu větší než 5 litrů se naplní nejméně ve dvou vrstvách čerstvý beton, který se po každé vrstvě vhodným způsobem dostatečně zhutní. Po zhutnění se povrch zarovná s okrajem nádoby. Běžně se používá nádoba o objemu 8 litrů, která je součástí přístroje na měření obsahu vzduchu v čerstvém betonu.

Objemovou hmotnost čerstvého betonu D vypočteme z následujícího vztahu a zaokrouhlíme na nejbližších 10 kg.m^{-3} .

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad [\text{kg.m}^{-3}] \quad (6)$$

kde m_1 je hmotnost prázdné nádoby [kg], m_2 hmotnost naplněné nádoby po zhutnění [kg] a V objem nádoby v m^3 . [18]

- Obsah vzduchu tlakovou metodou

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12350-7 [19]. Norma uvádí metodu vodního sloupce a metodu tlakoměrnou. Běžněji je používána tlakoměrná metoda. Funguje na principu snížení tlaku vzduchu v přetlakové komoře, která byla předem natlakovaná, a uvolněnému tlaku byl

vystaven povrch betonu. Nádoba se naplní čerstvým betonem, který se vhodným způsobem dostatečně zhutní. Po uzavření nádoby víkem vyplníme volný prostor vodou a po natlakování otevřeme hlavní vzduchový ventil.

Výslednou hodnotu obsahu vzduchu odečteme z nanometru a vyjádříme ji v procentech zaokrouhlených na nejbližších 0,1 %.



Obr. 10: Přístroj na měření obsahu vzduchu v čerstvém betonu

4.6.2 Výroba a ošetřování zkušebních těles

Tvar a rozměry těles specifikuje norma ČSN EN 12390-1 [20]. Výroba a ošetřování zkušebních těles jsou podle normy ČSN EN 12390-2 [21]. Čerstvý beton plníme do forem z vodotěsného a nenasákavého materiálu buď ve tvaru krychle, válce, nebo hranolu. Tvar zkušebních těles volíme zpravidla podle povahy požadované zkoušky ztvrdlého betonu.

Na vnitřní stranu formy nanese v tenké vrstvě vhodný separační prostředek, který zabrání přilnutí betonu s formou. Formy plníme minimálně ve dvou vrstvách, kdy po každé vrstvě čerstvý beton vhodným způsobem zhutníme. Přebytný beton nad horním okrajem formy odstraníme a povrch urovnáme. Zkušební tělesa řádně označíme pro jejich pozdější identifikaci.

Zkušební tělesa necháváme ve formě nejméně po dobu 16 hodin, ne však déle než 3 dny. Po doformování je nutné ošetřovat zkušební tělesa až do doby těsně před zkoušením, a to ve vodě o teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo v místnosti o teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $\geq 95\%$. [21]



Obr. 11: Zhotovená zkušební tělesa



Obr. 12: Uložení zkušebních těles

4.6.3 Zkoušení ztvrdlého betonu

Zkoušením ztvrdlého betonu se zabývá soubor norem ČSN EN 12390: Zkoušení ztvrdlého betonu. Zkoušek je celá řada, a proto zde uvedu jen ty z nich, které byly použity v experimentální části této práce.

- *Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12390-7 [23].

Objemovou hmotnost D vypočítáme ze zjištěných hodnot hmotnosti tělesa a jeho objemu podle následujícího vztahu a zaokrouhlenou na nejbližších 10 kg.m^{-3} .

$$D = \frac{m}{V} \quad [\text{kg.m}^{-3}] \quad (7)$$

kde m je hmotnost zkušební tělesa v $[\text{kg}]$ a V objem tělesa v $[\text{m}^3]$. [23]

Jako součást výsledku zkoušky je nutné zaznamenat stav tělesa a způsob stanovení objemu tělesa v době zkoušky. Norma totiž rozlišuje tři stavy, při kterých může být stanovena hmotnost (jestli je těleso nasycené vodou, vysušeno v sušárně nebo jak bylo dodáno) a tři způsoby stanovení objemu (ponořením do vody, výpočtem ze změřených skutečných rozměrů, nebo výpočtem z kontrolovaných zvolených rozměrů). [23]

- *Pevnost v tlaku*

Zkouška pevnosti v tlaku je podle normy ČSN EN 12390-3 [22]. Pevnost v tlaku se zjišťuje na zkušebních tělesech ve tvaru krychle o rozměrech $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$. Tělesa jsou zatěžována konstantním tlakem ve zkušebním lisu až do jejich porušení. Maximální zatížení při rozdrčení tělesa se zaznamená a pevnost betonu v tlaku f_c se vypočte ze vztahu:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad [\text{N.mm}^2] \quad (8)$$

kde F je maximální zatížení při porušení v $[\text{N}]$ a A_c průřezová plocha zkušební tělesa v $[\text{mm}^2]$, na kterou působí zatížení v tlaku. [22]

Zjištěnou pevnost v tlaku zaokrouhlíme na nejbližších $0,5 \text{ N.mm}^2$ (MPa).



Obr. 13 Zkušební lis na zkoušku pevnosti v tlaku

5 Popis a příprava experimentu

5.1 Cíl experimentu

Cílem experimentu je zjistit účinnost vodoredukujících přísad základních bází a stanovit interval optimálního dávkování pro čerpaný transportbeton.

Pro tento účel byl navržen beton C 20/25 XC 2, s maximálním zrnem kameniva D_{\max} 16 mm, s přetržitou křivkou zrnitosti. Konzistence sednutím kužele byla stanovena na 130 až 190 mm, což splňuje stupeň konzistence S3 nebo S4. Tento typ betonu musí splňovat podle ČSN EN 206-1 Změna Z4 tyto požadavky: maximální vodní součinitel $w/c = 0,60$ a minimální obsah cementu 280 kg.m^{-3} . Ostatní požadavky, jakými jsou minimální obsah vzduchu, maximální průsak vody a odolnost proti zmrazování a rozmrazování, nejsou normou stanoveny.

5.2 Použité materiály

Cement: CEM III/A 42,5 N Hranice (Cement Hranice a.s.)

Kamenivo:

- drobné těžené kamenivo (DTK) frakce 0/4 Tovačov
- hrubé drcené kamenivo (HDK) frakce 8/16 Hrabůvka

Voda: pitná

Přísady:

- plastifikační MasterPozzolith 95
- superplastifikační MasterRheobuilt 1026
- superplastifikační MasterGlenium SKY 665

5.2.1 Cement

Pro experiment této práce byl použit vysokopecní cement CEM III/A 42,5 N vyráběný v cementárně Hranice. Tento cement je vhodný pro betony do masivních konstrukcí a pro

betony, kde není nutný rychlý náběh počátečních pevností. Betony s vysokopecním cementem mají zvýšenou odolnost proti agresivnímu prostředí a jsou méně náchylné na vznik smršťovacích trhlin. Výroba probíhá v souladu s harmonizovanou normou ČSN EN 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití. Vysokopecní cement je vyráběn společným semletím portlandského slínku, granulované vysokopecní strusky, síranu vápenatého a přísad. Obsahuje 35 až 64 % slínku, 36 až 65 % vysokopecní strusky a 0 až 5 % doplňujících složek.

5.2.2 Kamenivo

Štěrkopískovna Tovačov a kamenolom Hrabůvka patří společnosti Českomoravský štěrk a.s. patřící do skupiny HEIDELBERGCEMENT Group. Kameniva z těchto lokalit splňují požadavky patřičných norem.

Lokalita Tovačov - těžba suroviny probíhá z vody pomocí plovoucích bagrů a dále je dopravována k dalšímu zpracování (třídění, praní). Kamenivo z této lokality je vhodné pro výrobu všech druhů betonu a malt.



Obr. 14: Kamenivo 0/4 Tovačov

Lokalita Hrabůvka - kamenivo vzniká drcením velkých kusů horniny a následným tříděním podle požadované frakce. Kamenivo z této lokality je charakteristické svou vysokou tvrdostí.



Obr. 15: Kamenivo 8/16 Hrabůvka

5.2.3 Voda

Voda je pitná, odebrána z vodovodního řádu.

5.2.4 Přísady

Pro účely tohoto experimentu byla použita plastifikační přísada MasterPozzolith 95 (LS báze) a surerplastifikační přísady MasterRheobuilt 1026 (SNF+SMF báze) a MasterGlenium SKY 665 (PCE báze). Veškeré použité přísady jsou vyrobeny společností BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. Specifikace jednotlivých přísad jsou uvedeny v technických listech (příloha č. 3, 4 a 5).

5.3 Složení betonu

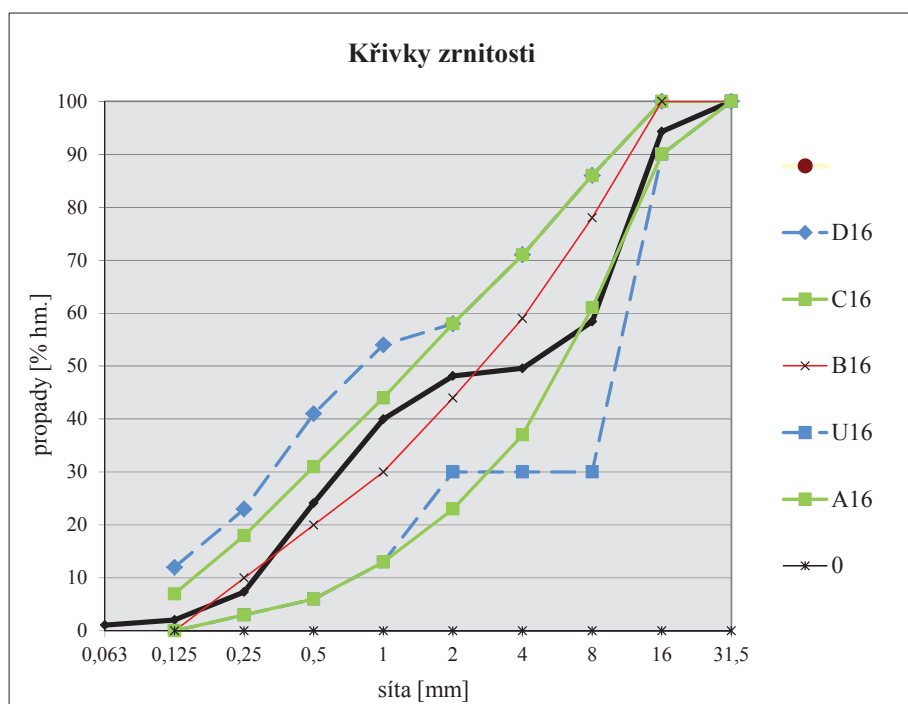
Před návrhem receptury byla stanovena zrnitost jednotlivých frakcí kameniva (0/4 a 8/16). Zkouška byla provedena v souladu s normou ČSN EN 933-1, 2 [11, 12]. Navážka kameniva, zbavena odplavitelných částic, byla vysušena v sušárně při teplotě 110 °C do ustálení hmotnosti. Poté se vsype do přístroje s normovou sadou sít (viz kap. 4.4.2), kde je po dobu 2krát 40 minut mechanicky otřásána. Po dokončení se zůstatky na jednotlivých sítích

zváží a vypočtou se hmotnostní zůstatky původní navážky, které propadly každým sítem kromě síta s velikostí otvorů 0,063 mm. Z tohoto propadu vypočteme procento jemných částic. Sítové rozboru jednotlivých kameniv jsou uvedeny v příloze (příloha č. 6 a 7).



Obr. 16: Zařízení pro zkoušku sítového rozboru

Graf 4: Výsledná křivka kameniva pro zkušební recepturu (frakce 0-16)



Složení betonu bylo navrženo na základě zkušeností a poznatků z praxe. Pro ověření účinnosti jednotlivých druhů přísad byla vždy použita receptura se stejným vodním součinitelem i stejným množstvím cementu. Pouze se měnila dávka přísady. Základní složení betonu, bez přísady, je uvedeno v následující tabulce. Uváděná hodnota vodního součinitele je bez zohlednění nasákavosti kameniva.

Tab. 6: Složení betonu pro experiment

Referenční receptura			
třída betonu		C 20/25 XC2	
číslo záměsi		1	
		kg.m ⁻³	
cement	Lokalita Hranice III/A 42,5 N	300	
kamenivo			
0/4	Tovačov 48 %	833	
8/16	Hrabůvka 52 %	945	
celkem		1778	
přísada			
voda		189	
w/c		0,63	
obsah vzduchu 5 min			
obj. hmotnost ČB		2267	

5.4 Výroba betonu

5.4.1 Dávkování složek betonu

Jednotlivé složky betonu byly naváženy na základě navržené receptury. Pro zhotovení požadovaného množství zkušebních vzorků byla míchaná záměs vždy o objemu 22 litrů. Vážení probíhá na kalibrovaných vahách. Cement, kamenivo a vodu vážíme s přesností na ± 1 gram, přísady s přesností na ± 1 miligram. Přísady se navažují ve skleněných odměrkách, kdy tuto odměrku nejdříve vypláchneme danou přísadou a poté váhu vytárujeme. Takto smočíme stěny odměrky a nemáme tak zkreslenou požadovanou dávku.

5.4.2 Postup míchání

Míchání zkušebních záměsí bylo v laboratorní, horizontální míchačce se statickým bubnem a otočnými lopatkami. Před nadávkováním složek betonu je nutné lopatky i buben navlhčit. Po nasypání kameniva do bubnu přidáme cca 1/3 záměsové vody a krátce zamícháme. Přidáme cement a po spuštění míchání zbytek záměsové vody. Zaznamenáme začátek míchání (první kontakt vody s cementem). Od doby smísení vody s cementem je směs míchána po dobu 30 sekund. Poté je do směsi přidána plastifikační nebo superplastifikační přísada. Po přidání přísady je směs míchána po dobu 120 sekund. Jedná se o dostatečně dlouhou dobu, během které jsou všechny složky betonu dostatečně zhomogenizované. Po namíchání zkušební záměsi následuje provedení potřebných zkoušek. Doba zkoušek čerstvého betonu od začátku míchání by neměla přesáhnout 5 až 8 minut. Po provedení zkoušek je beton ponechán v zavřené míchačce pro měření konzistence v čase. Před započítím míchání další záměsi je nutné míchačku dokonale umýt od betonu.



Obr. 17: Laboratorní míchačka typ ZYKLOS Pemat ZZ75 HE

6 Výsledky experimentu

Zkoušení v rámci experimentálního programu bylo prováděno v akreditované zkušební laboratoři. Použity byly kalibrované pomůcky a zkušební zařízení. Veškeré zkušební postupy byly v souladu s platnými normami a jsou popsány v kapitole 4.6. Výsledky zkoušek jsou zpracovány ve formě tabulek namíchaných receptur a zkoušek a znázorňujících grafů závislostí.

6.1 MasterPozzolith 95

Bylo vycházeno z referenční receptury (bez přísady) podle tab. 6 (záměs č. 1). Následující záměsi (č. 2 až 7) jsou míchány s dávkou přísady od 0,2 % do 1,6 % z hmotnosti cementu. Výsledné složení čerstvého betonu v závislosti na skutečném obsahu vzduchu je patrné z tabulky (tab. 7).

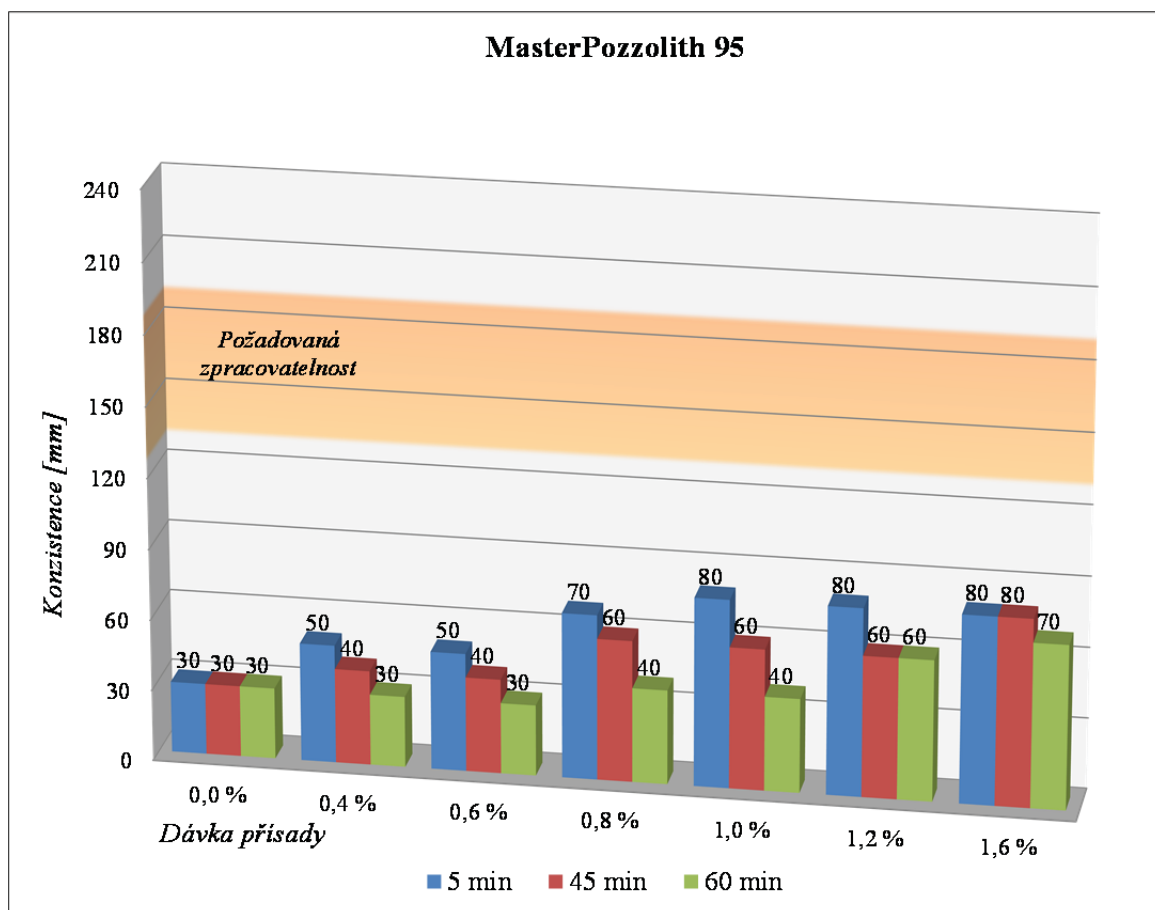
Tab. 7: Výsledné receptury s plastifikační přísadou MasterPozzolith 95

MasterPozzolith 95										
třída betonu				C 20/25 XC2						
číslo záměsi				1	2	3	4	5	6	7
				0,0 %	0,4 %	0,6 %	0,8 %	1,0 %	1,2 %	1,6 %
	Lokalita			kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³
cement	Hranice III/A 42,5 N			301	299	300	300	297	297	296
kamenivo										
0/4	Tovačov	48 %		836	831	833	832	825	823	822
8/16	Hrabůvka	52 %		948	943	945	944	936	934	932
celkem				1784	1774	1778	1776	1761	1757	1754
přísada										
	MP 95				1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,7
voda				190	188	188	187	185	185	184
w/c				0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
obsah vzduchu 5 min				2,2 %	2,7 %	2,5 %	2,6 %	3,4 %	3,6 %	3,7 %
obj. hmotnost ČB				2275	2262	2268	2265	2246	2243	2239

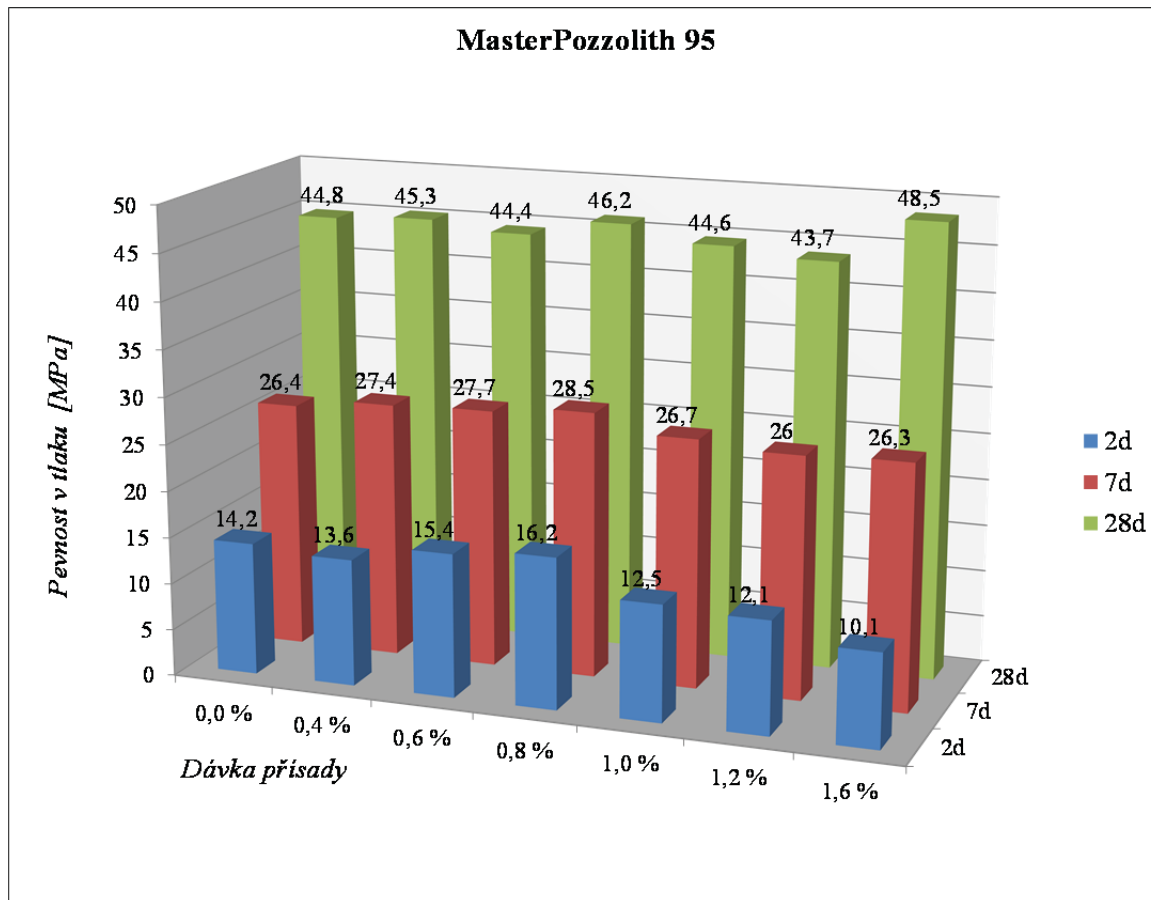
Tab. 8: Výsledky zkoušek s plastifikační přísadou MasterPozzolith 95

číslo záměsi	konzistence [mm]			obsah vzduchu [%]	pevnost v tlaku [MPa]			objemová hmotnost [kg.m ⁻³]
	5 min	45 min	60 min		2 dny	7 dnů	28 dnů	
1	30	30	30	2,2	14,2	26,4	44,8	2357
2	50	40	30	2,7	13,6	27,4	45,3	2355
3	50	40	30	2,5	15,4	27,7	44,4	2351
4	70	50	40	2,6	16,2	28,5	46,2	2359
5	80	60	40	3,4	12,5	26,7	44,6	2352
6	80	60	60	3,6	12,1	26,0	43,7	2353
7	80	80	70	3,7	10,1	26,3	48,5	2355

Graf 5: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MP 95)



Graf 6: Hodnoty pevnosti v tlaku (MP 95)



6.2 MasterRheobuild 1026

Stejně jako v předchozím případě byla referenční receptura (bez přísady) podle tab. 6 (záměs č. 1). Následují záměsi (č. 8 až 13), které jsou míchány s dávkou přísady od 0,2 % do 1,4 % z hmotnosti cementu. Výsledné složení čerstvého betonu v závislosti na skutečném obsahu vzduchu je patrné z tabulky (tab. 9).

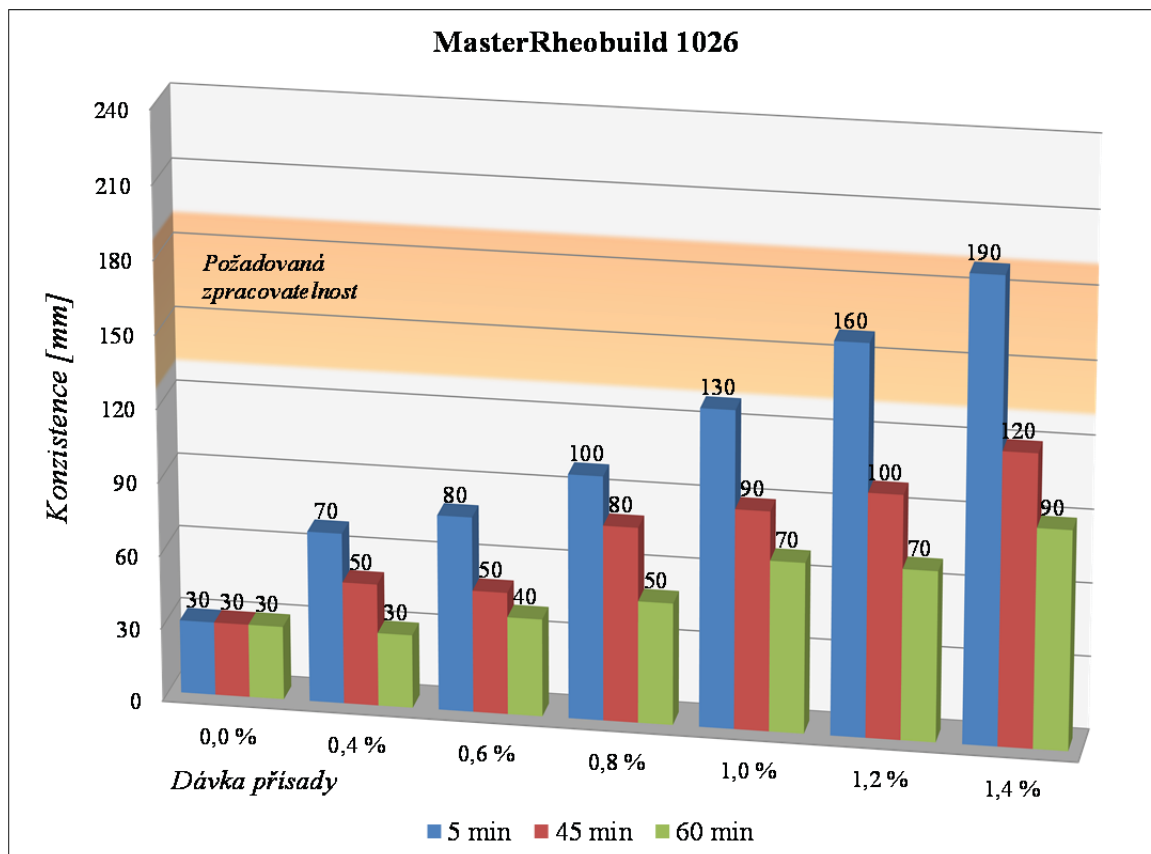
Tab. 9: Výsledné receptury se superplastifikační přísadou MasterRheobuild 1026

MasterRheobuild 1026										
třída betonu				C 20/25 XC2						
číslo záměsi				1	8	9	10	11	12	13
				0,0 %	0,4 %	0,6 %	0,8 %	1,0 %	1,2 %	1,4 %
Lokalita			kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	
cement	Hranice III/A 42,5 N		301	300	299	300	299	299	299	
kamenivo										
0/4	Tovačov	48 %	836	833	831	833	831	828	830	
8/16	Hrabůvka	52 %	948	945	943	946	943	940	941	
celkem			1784	1778	1774	1779	1774	1768	1771	
přísada										
MR 1026				1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	
voda			190	188	187	188	187	186	186	
w/c			0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	
obsah vzduchu 5 min			2,2 %	2,5 %	2,7 %	2,4 %	2,7 %	3 %	2,8 %	
obj. hmotnost ČB			2275	2267	2262	2269	2263	2257	2260	

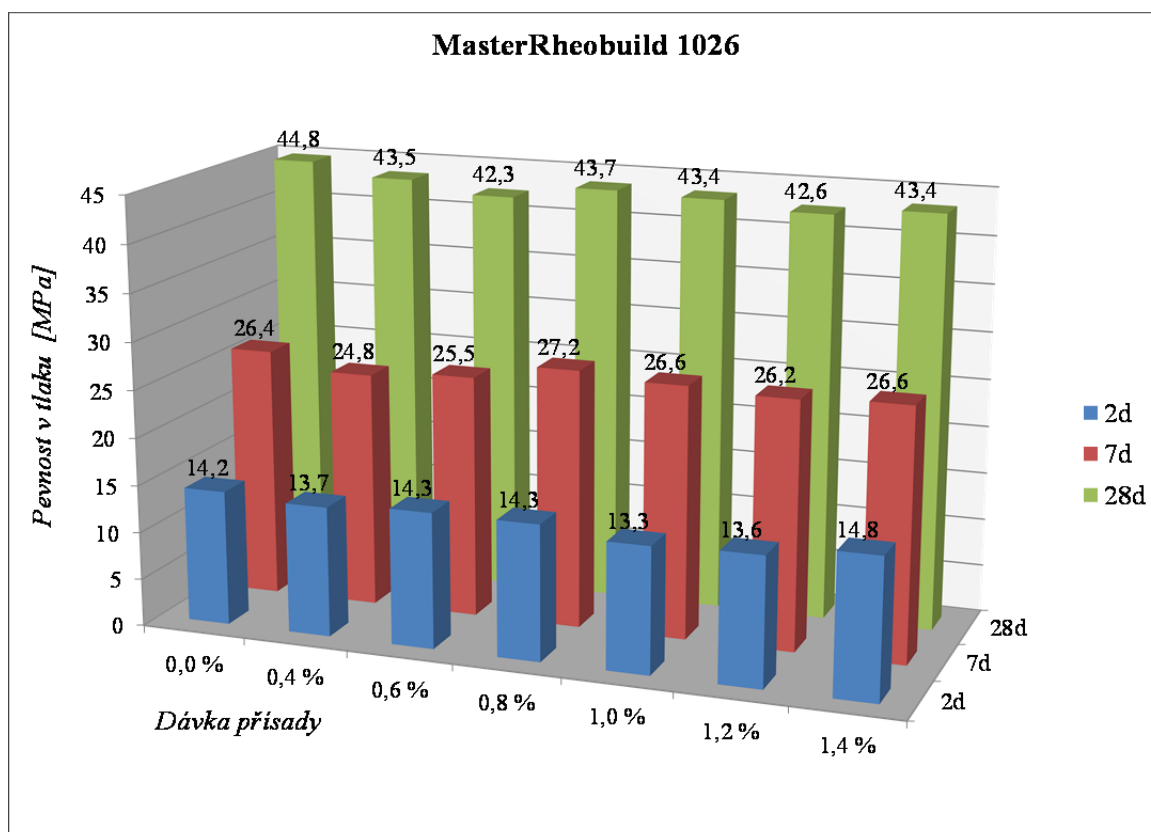
Tab. 10: Výsledky zkoušek se superplastifikační přísadou MasterRheobuild 1026

číslo záměsi	konzistence [mm]			obsah vzduchu [%]	pevnost v tlaku [MPa]			objemová hmotnost [kg.m ⁻³]
	5 min	45 min	60 min		2 dny	7 dnů	28 dnů	
1	30	30	30	2,2	14,2	26,4	44,8	2357
8	70	50	30	2,5	13,7	24,8	43,5	2344
9	80	50	40	2,7	14,3	25,5	42,3	2360
10	100	80	50	2,4	14,3	27,2	43,7	2347
11	130	90	70	2,7	13,3	26,6	43,4	2345
12	160	100	70	3,0	13,6	26,2	42,6	2360
13	190	120	90	2,8	14,8	26,6	43,4	2352

Graf 7: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MR 1026)



Graf 8: Hodnoty pevnosti v tlaku (MR 1026)



6.3 MasterGlenium SKY 665

Opět vycházíme z referenční receptury podle tab. 6. Následují záměsi (č. 14 až 18) zamíchány s dávkou přísady od 0,2 % do 1,2 % z hmotnosti cementu. Výsledné složení čerstvého betonu v závislosti na skutečném obsahu vzduchu je patrné z tabulky (tab. 11).

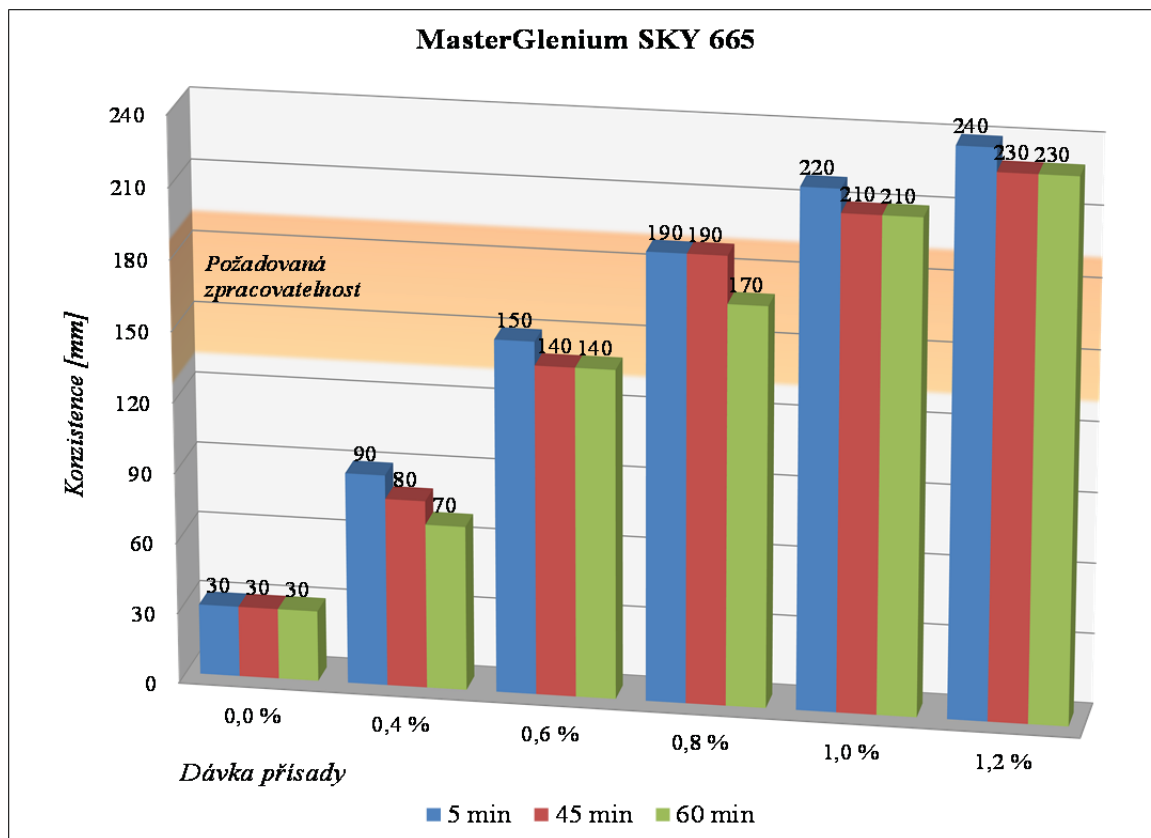
Tab. 11: Výsledné receptury se superplastifikační přísadou MasterGlenium SKY 665

MasterGlenium SKY 665									
třída betonu				C 20/25 XC2					
číslo záměsi				1	14	15	16	17	18
				0,0 %	0,4 %	0,6 %	0,8 %	1,0 %	1,2 %
	Lokalita			kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³	kg.m ⁻³
cement	Hranice III/A 42,5 N			301	302	303	303	304	305
kamenivo									
0/4	Tovačov	48 %		836	838	841	842	843	846
8/16	Hrabůvka	52 %		948	951	954	955	957	960
celkem				1784	1789	1795	1797	1800	1806
přísada									
	MR 1026				1,2	1,8	2,4	3	3,6
voda				190	189	190	190	190	190
w/c				0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
obsah vzduchu 5 min				2,2 %	1,9 %	1,5 %	1,4 %	1,2 %	0,8 %
obj. hmotnost ČB				2275	2281	2290	2292	2297	2305

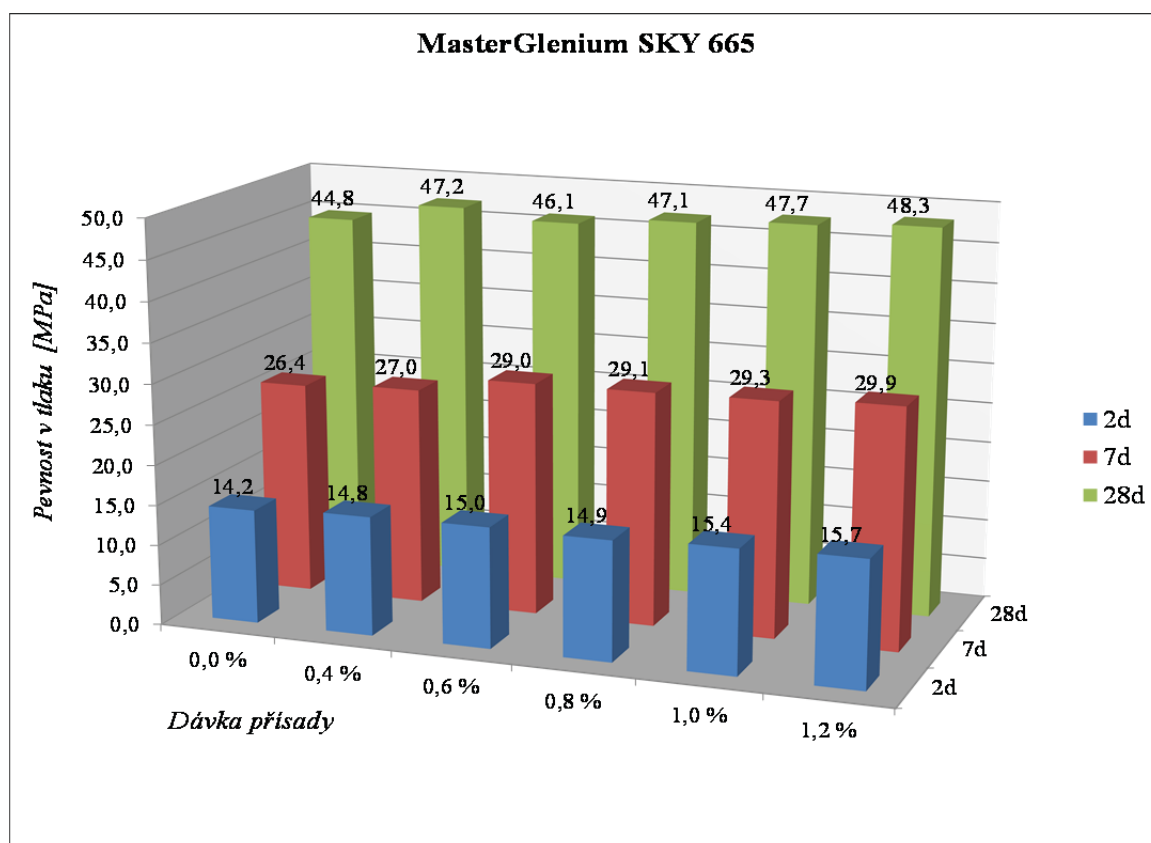
Tab. 12: Výsledky zkoušek se superplastifikační přísadou MasterGlenium SKY 665

číslo záměsi	konzistence [mm]			obsah vzduchu [%]	pevnost v tlaku [MPa]			objemová hmotnost [kg.m ⁻³]
	5 min	45 min	60 min		2 dny	7 dnů	28 dnů	
1	30	30	30	2,2	14,2	26,4	44,8	2357
14	90	80	70	1,9	14,8	27,0	47,2	2373
15	150	140	140	1,5	15,0	29,0	46,1	2370
16	190	190	170	1,4	14,9	29,1	47,1	2382
17	220	210	210	1,2	15,4	29,3	47,7	2379
18	240	230	230	0,8	15,7	29,9	48,3	2380

Graf 9: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MG 665)



Graf 10: Hodnoty pevnosti v tlaku (MG 665)



7 Vyhodnocení výsledků

Tab. 13: Výsledná tabulka záměsí a zkoušek

Číslo záměsí	Typ přísady	Dávka přísady	Konzistence [mm]			Obsah vzduchu [%]	Pevnost v tlaku [MPa]			Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]
			5 min	45 min	60 min		2 dny	7 dnů	28 dnů	
1 *)	-	-	30	30	30	2,2	14,2	26,4	44,8	2357
2	MP 95	0,4 %	50	40	30	2,7	13,6	27,4	45,3	2355
3	MP 95	0,6 %	50	40	30	2,5	15,4	27,7	44,4	2351
4	MP 95	0,8 %	70	50	40	2,6	16,2	28,5	46,2	2359
5	MP 95	1,0 %	80	60	40	3,4	12,5	26,7	44,6	2352
6	MP 95	1,2 %	80	60	60	3,6	12,1	26,0	43,7	2353
7	MP 95	1,6 %	80	80	70	3,7	10,1	26,3	48,5	2355
8	MR 1026	0,4 %	70	50	30	2,5	13,7	24,8	43,5	2344
9	MR 1026	0,6 %	80	50	40	2,7	14,3	25,5	42,3	2360
10	MR 1026	0,8 %	100	80	50	2,4	14,3	27,2	43,7	2347
11	MR 1026	1,0 %	130	90	70	2,7	13,3	26,6	43,4	2345
12	MR 1026	1,2 %	160	100	70	3,0	13,6	26,2	42,6	2360
13	MR 1026	1,4 %	190	120	90	2,8	14,8	26,6	43,4	2352
14	MG 665	0,4 %	90	80	70	1,9	14,8	27,0	47,2	2373
15	MG 665	0,6 %	150	140	140	1,5	15,0	29,0	46,1	2370
16	MG 665	0,8 %	190	190	170	1,4	14,9	29,1	47,1	2382
17	MG 665	1,0 %	220	210	210	1,2	15,4	29,3	47,7	2379
18	MG 665	1,2 %	240	230	230	0,8	15,7	29,9	48,3	2380

*) referenční receptura, bez přísady

7.1 Účinnost přísady

Na základě předem určených požadavků bylo potřeba zjistit optimální dávkování jednotlivých přísad pro dosažení požadované zpracovatelnosti. Konzistence sednutím byla stanovena v rozmezí mezi 130 až 190 mm. Ve výsledné tabulce záměsí a zkoušek (tab. 13) jsou barevně zvýrazněny ty záměsí, které tento požadavek splňují. Již jen tyto záměsí budou předmětem dalšího vyhodnocení jako je závislost konzistence na čase, pevnost v tlaku a ekonomické zhodnocení.

7.1.1 MasterPozzolith 95

V případě použití plastifikační přísady MasterPozzolith 95 (LS báze) se stanovenou konzistencí nepodařilo dosáhnout. Z výsledků vyplývá, že pro betony s vodním součinitelem $w/c = 0,63$ a menším je tato přísada nevhodná. Vzájemné působení tohoto plastifikátoru s použitým druhem cementu je v praxi odzkoušeno, avšak u betonů s vyšším vodním součinitelem bez stupně vlivu prostředí. Funkčnost této přísady s $w/c = 0,67$ je patrná z následující kapitoly.

7.1.2 MasterRheobuild 1026

U použití superplastifikační přísady MasterRheobuild 1026 (SNF+SMF báze) se stanovené konzistence podařilo dosáhnout s dávkou přísady 1 až 1,4 % z hmotnosti cementu. Tento výsledek odpovídá i v praxi používaným betonům.

7.1.3 MasterGlenium SKY 665

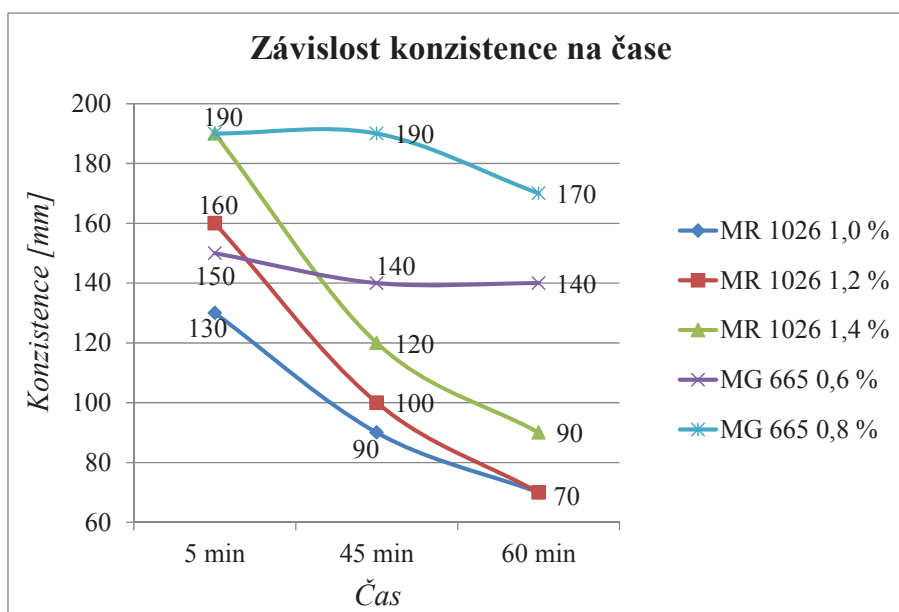
U betonů s použitím superplastifikační přísady MasterGlenium SKY 665 (PCE báze) se stanovené konzistence podařilo dosáhnout již s dávkou přísady 0,6 až 0,8 % z hmotnosti cementu.

7.2 Závislost konzistence na čase

V rámci experimentu byla dále sledována závislost konzistence na čase. Při použití superplastifikátoru MasterRheobuild 1026 konzistence prudce padá již v prvních 45 minutách. V následujících 15 minutách je již propad tak výrazný, že se beton stává téměř nečerpatelný. Se superplastifikátorem MasterGlenium SKY 665 beton drží konzistenci po celou dobu, tedy i po 60 minutách.

Z výsledku tedy vyplývá, že pro udržení konzistence v čase je nejvhodnější použít superplastifikátor na bázi PCE.

Graf 11: Závislost konzistence na čase

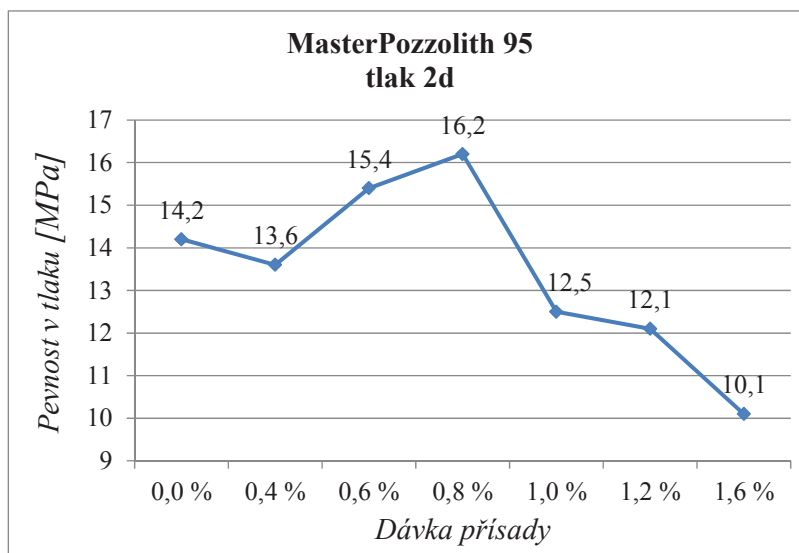


7.3 Pevnost v tlaku

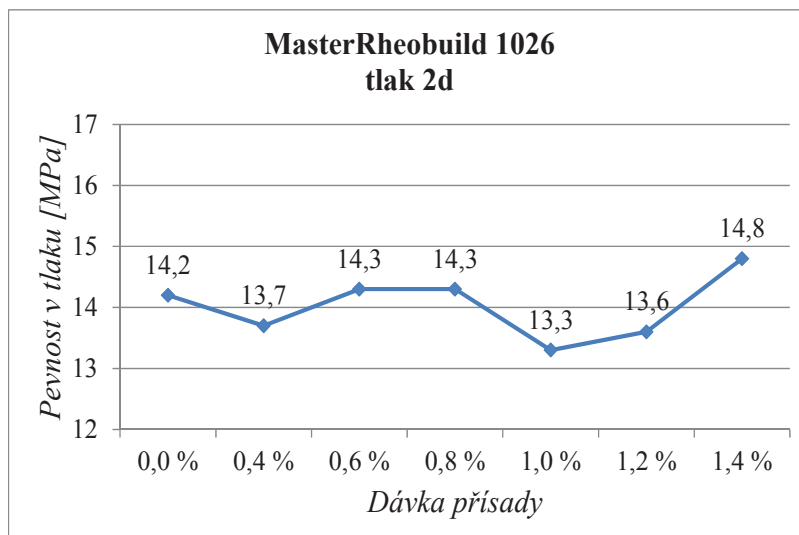
Graf 12 Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MP 95) Na zhotovených zkušebních vzorcích byla sledována pevnost v tlaku po 2, 7 a 28 dnech. V následujících grafech (graf 12 až 14) je vidět, jaký vliv má dávka přísady na počáteční pevnost (po 2 dnech). Pro představu o vlivu dávky přísady na počáteční pevnost je zde znázorněn i plastifikátor na bázi LS, u kterého nebyla dostatečná účinnost pro dosažení stanovené konzistence prokázána a dalšího vyhodnocování se jím nezabývám.

V případě plastifikační přísady MasterPozzolith 95 se stoupající dávkou přísady pevnost roste, avšak jen do maximální doporučené dávky udávanou výrobcem. Po překročení této dávky pevnost prudce klesá. U superplastifikační přísady MasterRheobuild 1026 jsou počáteční pevnosti téměř stejné při jakékoliv dávce přísady. Superplastifikační přísada MasterGlenium SKY 665 vykazuje se stoupající dávkou přísady i stoupající pevnost.

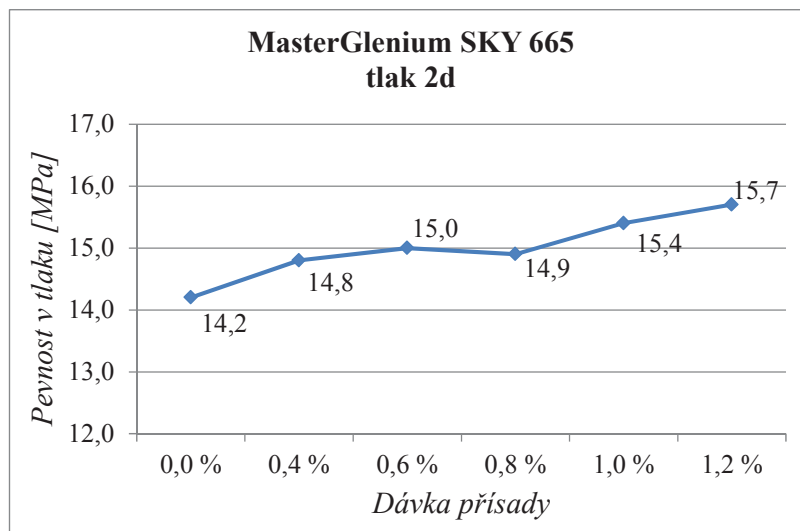
Graf 12: Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MP 95)



Graf 13: Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MR 1026)

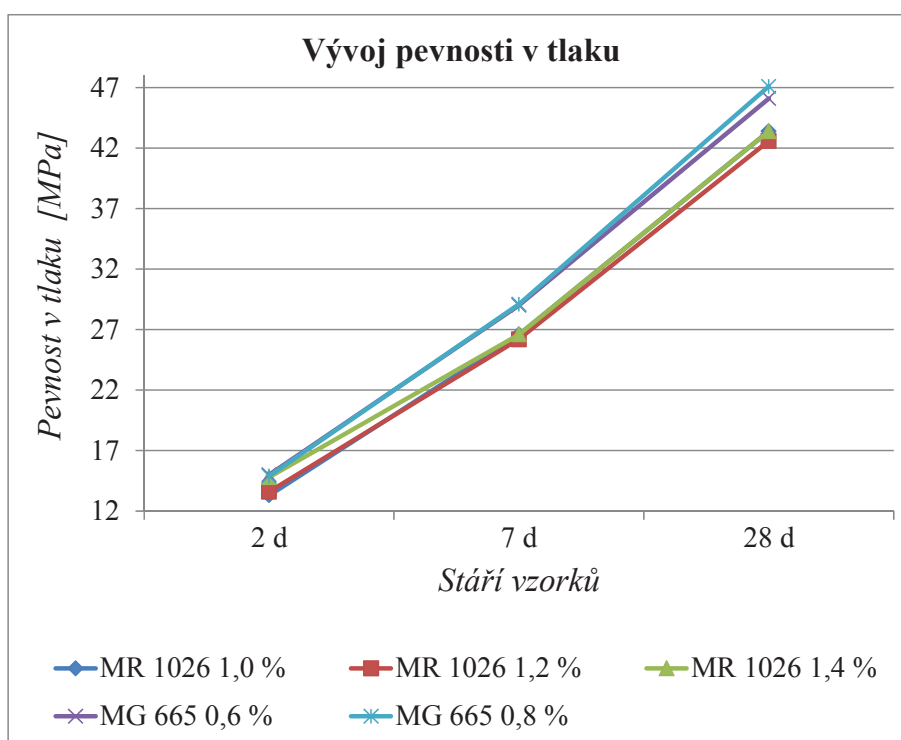


Graf 14: Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MG 665)



V následujícím grafu je znázorněn vývoj pevnosti po 7 a 28 dnech. Vyšší pevnost jak po 7, tak po 28 dnech vykazují záměsi s přísadou MasterGlenium SKY 665. Jedná se v průměru o 2,5 MPa po 7 dnech a 3,4 MPa po 28 dnech.

Graf 15: Vývoj pevnosti v tlaku



8 Možnost použití MasterPozzolith 95

Z výsledků v kapitole 7 vyplývá, že pro beton s vodním součinitelem $w/c = 0,63$ není plastifikátor MasterPozzolith 95 pro dosažení stanovené konzistence dostatečně účinný. Konzistence dosáhneme, navýšíme-li vodní součinitel na $w/c = 0,67$. Takto upravenou recepturu budeme moci použít jen pro betony bez stupně vlivu prostředí (X0).

Pro ověření byly namíchány další čtyři záměsi (19 až 22), kdy záměs 19 je bez použití přísady a záměsi 20 až 22 jsou s dávkou přísady 0,8 až 1,2 % z hmotnosti cementu. Výsledné složení čerstvého betonu, konzistence a pevnosti v tlaku jsou v následujících tabulkách a grafech.

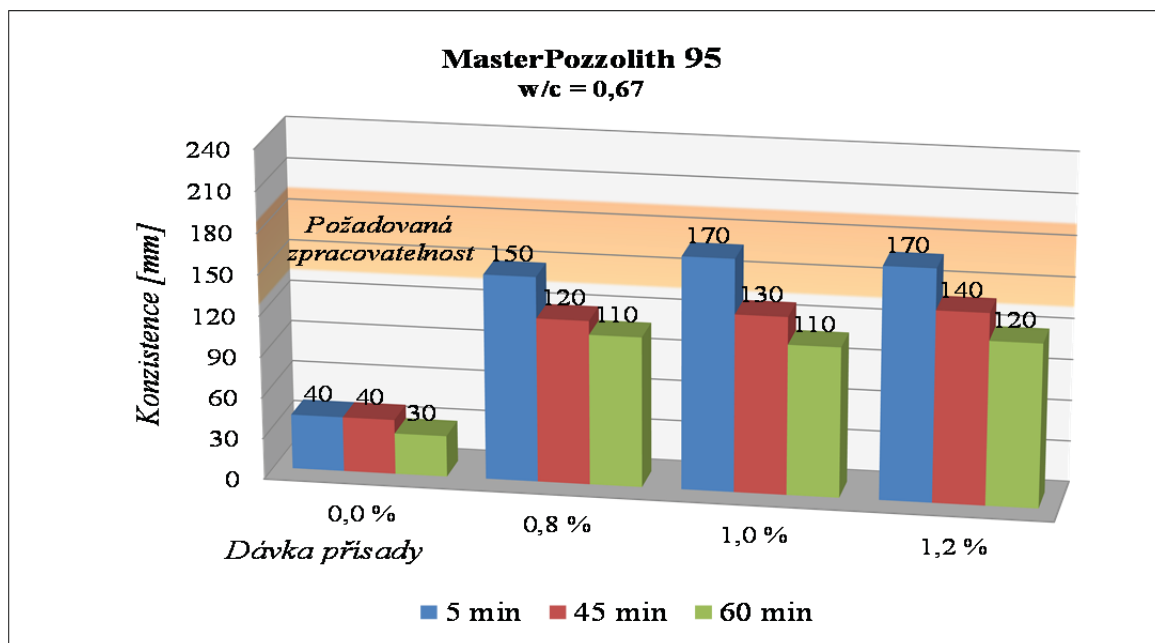
Tab. 14: Výsledné složení čerstvého betonu (MP 95, $w/c = 0,67$)

MasterPozzolith 95					
třída betonu				C 20/25 X0	
číslo záměsi				19	20
				0,0 %	0,8 %
				21	22
				1,0 %	1,2 %
	Lokalita			kg.m ⁻³	kg.m ⁻³
cement	Hranice III/A 42,5 N			301	299
kamenivo					
0/4	Tovačov	48 %		820	816
8/16	Hrabůvka	52 %		931	926
celkem				1751	1742
přísada					
	MP 95				2,4
voda				201	199
w/c				0,67	0,67
obsah vzduchu 5 min				2,3 %	2,7 %
obj. hmotnost ČB				2253	2242

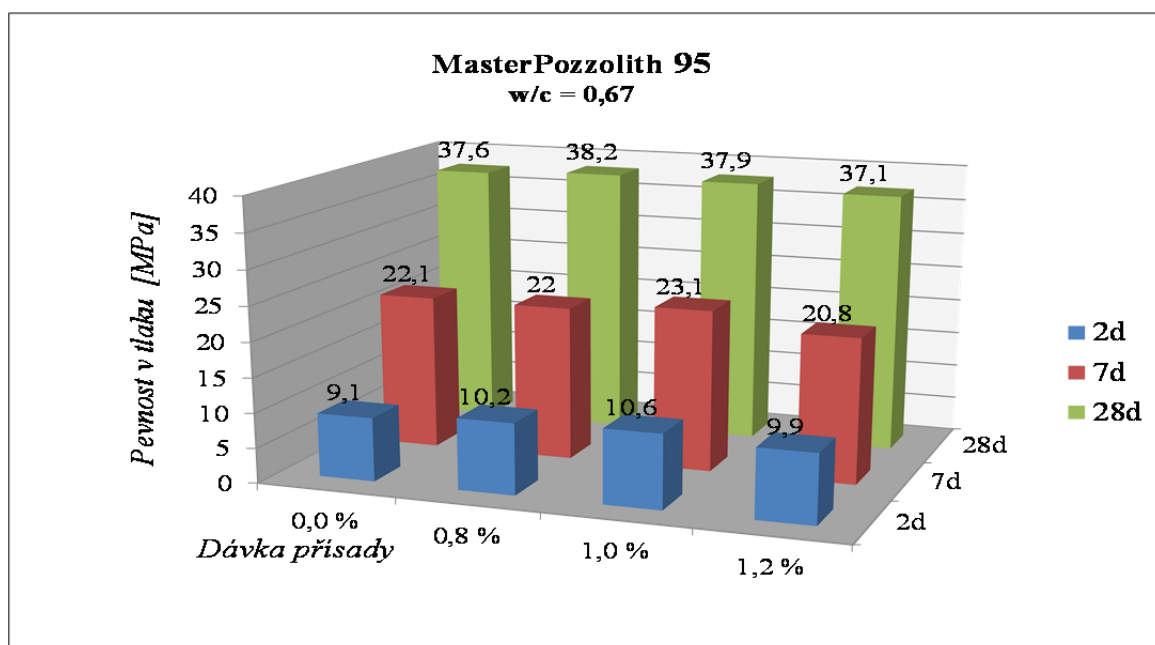
Tab. 15: Výsledky zkoušek (MP 95, w/c = 0,67)

číslo záměsi	konzistence [mm]			obsah vzduchu [%]	pevnost v tlaku [MPa]			objemová hmotnost [kg.m ⁻³]
	5 min	45 min	60 min		2 dny	7 dnů	28 dnů	
19	40	40	30	2,3	9,1	22,1	37,6	2321
20	150	120	110	2,7	10,2	22,0	38,2	2316
21	170	130	110	3,1	10,6	23,1	37,9	2324
22	170	140	120	3,5	9,9	20,8	37,1	2321

Graf 16: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MP 95, w/c = 0,67)



Graf 17: Hodnoty pevnosti v tlaku (MP 95, w/c = 0,67)



9 Ekonomické zhodnocení

Při zhodnocení jsou uvažovány ceníkové ceny. Cena přísady se ve skutečnosti může lišit podle konkrétního zákazníka. Ceny jsou uvedeny za tunu materiálu.

Tab. 16: Ekonomické vyhodnocení

Záměs		Kamenivo		Cement	Přísada			Cena [Kč]	
		Tovačov 0/4	Hrabůvka 8/16	CEM III/A 42,5 N	Dávka přísady	MasterPozzolith 95	MasterRheobuild 1026	MasterGlenium SKY 665	CENA CELKEM ZA 1 m ³
11	Množství [kg]	831	943	299	1,0 %	-	3,0	-	1155
	Kč/tuna	250	275	1950		-	35000	-	
	Kč	208	259	583		-	105	-	
12	Množství [kg]	828	940	299	1,2 %	-	3,6	-	1175
	Kč/tuna	250	275	1950		-	35000	-	
	Kč	207	259	583		-	126	-	
13	Množství [kg]	830	941	299	1,4 %	-	4,2	-	1196
	Kč/tuna	250	275	1950		-	35000	-	
	Kč	208	259	583		-	147	-	
15	Množství [kg]	841	954	303	0,6 %	-	-	1,8	1143
	Kč/tuna	250	275	1950		-	-	44000	
	Kč	210	262	591		-	-	79	
16	Množství [kg]	842	955	303	0,8 %	-	-	2,4	1170
	Kč/tuna	250	275	1950		-	-	44000	
	Kč	211	263	591		-	-	106	
20*	Množství [kg]	816	926	299	0,8 %	2,4	-	-	1071
	Kč/tuna	250	275	1950		12000	-	-	
	Kč	204	255	583		29	-	-	
21*	Množství [kg]	813	922	298	1,0 %	3,0	-	-	1074
	Kč/tuna	250	275	1950		12000	-	-	
	Kč	203	254	581		36	-	-	

*) Beton C 20/25 X0 s w/c = 0,67, viz kap.8

10 Závěr

Cílem experimentu bylo nalezení optimální dávky přísad pro ekonomickou výrobu transportbetonů. Pro tento účel byl navržen beton C 20/25 XC 2 D_{max} 16. Konzistence sednutí kužele byla stanovena v rozmezí 130 až 190 milimetrů. Navržený beton bylo možné namíchat se superplastifikátory MasterRheobuild 1026 (SNF+SMF báze) a MasterGlenium SKY 665 (PCE báze). Plastifikační přísada MasterPozzolith 95 (LS báze), pro recepturu se stupněm vlivu prostředí XC 2, nebyla dostatečně účinná. Kritérium pevnosti v tlaku po 28 dnech bylo splněno ve všech případech.

Podle zjištěných výsledků zkoušek je prokazatelně nejlepší použít pro výrobu tohoto betonu superplastifikační přísadu MasterGlenium SKY 665, a to v dávce 0,6 % z hmotnosti cementu. Beton v této variantě vykazuje nejnižší propad konzistence v čase a z ekonomického hlediska je nejnižší i celková cena 1 m³. Pevnost v tlaku po 28 dnech je nepatrně vyšší než u variant s jinou přísadou.

Pro zajímavost byla upravena receptura pro použití plastifikační přísady MasterPozzolith 95 (úprava w/c). Kritérium pevnosti v tlaku po 28 dnech bylo rovněž splněno, i když s podstatně nižším výsledkem. Optimální dávka přísady se pohybuje od 0,8 do 1 %. Vyšší dávka je zbytečná, čerstvý beton již nevykazuje dalších změn. Z ekonomického hlediska se dá ušetřit, oproti variantě z předešlého odstavce, kolem 70 Kč na 1 m³. Důležité je ovšem zmínit, že tato varianta betonu již nesplňuje stupeň vlivu prostředí XC 2. Beton lze použít pro konstrukce bez vlivu prostředí (X0) nebo konstrukce vystavené vlivu prostředí XC 1.

Po provedení předepsaných průkazných zkoušek k dané receptuře je možné navržené betony vyrábět a používat v praxi.

Seznam použité literatury

Knižní publikace

- [1] AĚTCIN, P.-C. *Vysokohodnotný beton*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-39-9.
- [2] NEDBAL, F. *Za betonem do Evropy*. Praha: Svaz výrobců betonu ČR, 1998.
- [3] PYTLÍK, P. *Technologie betonu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2000. ISBN 80-214-1647-5.
- [4] SEBÖK, T. *Přísady a přídavky do malt betonů*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985.
- [5] SVOBODA, L. a kol. *Stavební hmoty*. Bratislava: JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1.

Normy

- [6] ČSN EN 196-1. *Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [7] ČSN EN 197-1-ed.2. *Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [8] ČSN EN 206-1. *Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [9] ČSN EN 206-1 ZMĚNA Z3. *Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [10] ČSN EN 206-1 ZMĚNA Z4. *Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [11] ČSN EN 933-1. *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [12] ČSN EN 933-2. *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 2: Stanovení zrnitosti - Zkušební síta, jmenovité velikosti otvorů*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [13] ČSN EN 934-2+A1. *Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Část 2: Přísady do betonu - Definice, požadavky, shoda, označování a značení štítkem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

- [14] ČSN EN 12350-2. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [15] ČSN EN 12350-3. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 3: Zkouška Vebe*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [16] ČSN EN 12350-4. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 4: Stupeň zhutnitelnosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [17] ČSN EN 12350-5. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [18] ČSN EN 12350-6. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [19] ČSN EN 12350-7. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [20] ČSN EN 12390-1. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [21] ČSN EN 12390-2. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [22] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [23] ČSN EN 12390-7. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

Internetové zdroje

- [24] LAVICKÝ, M., PĚNČÍK, J. Vliv reologických vlastností betonu na vznik poruch stavebních konstrukcí. *Soudní inženýrství* [online]. 2005, roč. 16, č. 2 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-169-171.pdf>.
- [25] TREFIL, V. *Trend vývoje přísad do betonu a možnosti pro betonářský průmysl* [online]. c2010–2014. Poslední úpravy 19. 8. 2010 [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/827-trend-vyvoje-prisad-do-betonu-a-moznosti-pro-betonarsky-prumysl>.
- [26] ZAJÍČEK, M. *Chemické přísady do betonu a malt* [online]. Poslední úpravy 19. 9. 2008 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/cihly-tvarnice/chemicke-prisady-do-betonu-amalt>.

Seznam obrázků

Obr. 1: Vliv plastifikační přísady na konzistenci [2]	14
Obr. 2: Částice cementu bez použití přísady [26]	19
Obr. 3: Částice cementu s plastifikační přísadou [26]	19
Obr. 4: Částice cementu se superplastifikátorem na bázi PCE [26].....	20
Obr. 5: Zkouška sednutí kužele (Abrams) [3].....	34
Obr. 6: Zařízení pro zkoušku sednutí - Abramsův kužel	34
Obr. 7: Zkouška Vebe [3].....	35
Obr. 8: Zkouška stupeň zhutnění [3].....	35
Obr. 9: Zkouška rozlití [3].....	36
Obr. 10: Přístroj na měření obsahu vzduchu v čerstvém betonu.....	37
Obr. 11: Zhotovená zkušební tělesa	38
Obr. 12: Uložení zkušebních těles.....	38
Obr. 13 Zkušební lis na zkoušku pevnosti v tlaku	40
Obr. 14: Kamenivo 0/4 Tovačov	42
Obr. 15: Kamenivo 8/16 Hrabůvka	43
Obr. 16: Zařízení pro zkoušku síťového rozboru.....	44
Obr. 17: Laboratorní míchačka typ ZYKLOS Pemat ZZ75 HE	46

Seznam tabulek

Tab. 1: Pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206-1 Změna Z3 [9].....	24
Tab. 2: Stupně vlivu prostředí podle ČSN EN 206-1 Změna Z3 [9]	25
Tab. 3: Klasifikace konzistence podle ČSN EN 206-1 Změna Z3 [9].....	26
Tab. 4: Chemické složení cementu [3].....	27
Tab. 5: Mineralogické složení cementu [3].....	28
Tab. 6: Složení betonu pro experiment	45
Tab. 7: Výsledné receptury s plastifikační přísadou MasterPozzolith 95	47
Tab. 8: Výsledky zkoušek s plastifikační přísadou MasterPozzolith 95	48
Tab. 9: Výsledné receptury se superplastifikační přísadou MasterRheobuild 1026	50
Tab. 10: Výsledky zkoušek se superplastifikační přísadou MasterRheobuild 1026.....	50
Tab. 11: Výsledné receptury se superplastifikační přísadou MasterGlenium SKY 665.....	52
Tab. 12: Výsledky zkoušek se superplastifikační přísadou MasterGlenium SKY 665	52
Tab. 13: Výsledná tabulka záměsí a zkoušek.....	54
Tab. 14: Výsledné složení čerstvého betonu (MP 95, w/c = 0,67)	59
Tab. 15: Výsledky zkoušek (MP 95, w/c = 0,67).....	60
Tab. 16: Ekonomické vyhodnocení.....	61

Seznam grafů

Graf 1: Závislost konzistence na čase – superplastifikátory na bázi SNF a PCE	18
Graf 2: Složení betonu.....	26
Graf 3: Směrné křivky zrnitosti pro kamenivo Dmax 16 mm [9].....	31
Graf 4: Výsledná křivka kameniva pro zkušební recepturu (frakce 0-16).....	44
Graf 5: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MP 95).....	48
Graf 6: Hodnoty pevnosti v tlaku (MP 95)	49
Graf 7: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MR 1026)	51
Graf 8: Hodnoty pevnosti v tlaku (MR 1026)	51
Graf 9: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MG 665).....	53
Graf 10: Hodnoty pevnosti v tlaku (MG 665).....	53
Graf 11: Závislost konzistence na čase	56
Graf 12: Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MP 95).....	57
Graf 13: Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MR 1026)	57
Graf 14: Vliv dávky přísady na počáteční pevnost (MG 665)	58
Graf 15: Vývoj pevnosti v tlaku.....	58
Graf 16: Vliv dávky přísady na zpracovatelnost betonu (MP 95, w/c = 0,67).....	60
Graf 17: Hodnoty pevnosti v tlaku (MP 95, w/c = 0,67)	60

Seznam příloh

Příloha 1: Tabulka NA.F.1 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v České republice	70
Příloha 2: Druhy cementu podle ČSN EN 197-1	71
Příloha 3: Technický list plastifikační přísady MasterPozzolith 95	72
Příloha 4: Technický list plastifikační přísady MasterRheobuild 1026	74
Příloha 5: Technický list plastifikační přísady MasterGlenium SKY 665	76
Příloha 6: Protokol o zkoušce kameniva 0/4 Tovačov	78
Příloha 7: Protokol o zkoušce kameniva 8/16 Hrabůvka	79
Příloha 8: CEM III/A 42,5 N Hranice – CE certifikát, prohlášení o vlastnostech, protokol o měření radionuklidů	80
Příloha 9: Tabulka zkoušek ztvrdlého betonu - pevnosti v tlaku po 2, 7 a 28 dnech.....	86

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu této bakalářské práce Ing. Jiřímu Šafratovi za cenné rady a připomínky při jejím zpracování. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům společnosti Betotech s.r.o. za pomoc při zpracování experimentu a společnosti BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. za poskytnuté materiály. Můj dík rovněž patří mé rodině a nejbližším za podporu během celého studia.

Příloha 1: Tabulka NA.F.1 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v České republice

ČSN EN 206-1/Z4

Tabulka NA.F.1 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v České republice

Stupně vlivu prostředí																		
	Bez nebezpečí koroze nebo narušení	Koroze způsobená karbonatací						Koroze způsobená chloridy			Působení mrazu a rozmrazování						Chemicky agresivní prostředí	
								jiné chloridy než z moře										
		XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3			
	X0	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	C30/37 ^{c)}		
Maximální vodní součinitel w/c	C12/15	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37 ^{d)}	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37 ^{c)}			
Minimální pevnostní třída ^{e)}	260	280	280	300	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360				
Minimální obsah cementu [kg/m ³]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	---	---				
Minimální obsah vzduchu v ČB při zkoušce podle ČSN EN 12350-7 pro beton [%]	---	---	---	---	---	---	---	---	50	35	35	50	35	20				
Maximální průsak vody při zkoušce podle ČSN EN 12390-8 [mm] ^{b)}	---	---	---	---	---	---	---	---	---	A/75/ 1250 C/50/ 1500	---	A/100/ 1000 C/75/ 1000	---	---				
Odolnost betonu vůči zmrazování a rozmrazování, při zkoušce dle ČSN 73 1326 – metoda/počet cyklů/odpad [g/m ³]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	kamenivo podle ČSN EN 12620 s dostatečnou mrazuvzdorností						cement podle tabulky F.4 ^{g)}		
Jiné požadavky																		

a) Beton nemusí být provzdušněn na předepsanou hodnotu (může být částečně provzdušněn, anebo vůbec), pokud jsou provedena příslušná opatření (např. příměs křemičitého úletu současně s vodním součinitelem nižším než 0,4) a vyhoví přitom kritériu odolnosti. Pokud beton bez provzdušnění nesplní při PZ kritéria odolnosti a vodonepropustnosti, je nutno beton provzdušnit (částečně provzdušnit).

b) Platí pro konstrukce objektů v přímém styku s vodou. Hodnoty platí, nepožaduje-li specifikátor jiné. Zkouší se podle ČSN EN 12390-8 při KZ i PZ podle přílohy A normy, nezkouší se u provzdušněného betonu, při PZ podle přílohy A normy musí být hodnoty průsaku o 20 % nižší.

c) Pevnosti v tlaku odpovídající C30/37 a C35/45 lze předepsat v případě použití siranovzdorných cementů SR a směsných cementů až po 90 dnech tvrdnutí betonu.

d) Pokud se vyskytuje pouze vliv XD3 a vliv XF je vyloučen, lze použít minimální třídu betonu C25/30, pokud je beton provzdušněn podle požadavku pro XF2 až XF4.

e) Minimální pevnostní třída platí pro betony obyčejné a těžké. Pro betony lehké (LC) platí hodnota minimální válcové pevnosti, minimální krychelná pevnost je pak dána tabulkou 8 normy.

g) Pokud množství SO₄²⁻ vyvolá stupeň vlivu prostředí XA2 a XA3, je nezbytné použít siranovzdorný cement SR.

V článku NA.49 se zrušuje tabulka F.2. Rovněž se v celém dokumentu zrušují všechny odkazy na tuto tabulku F.2.

V článku NA.49 se nahrazuje tabulka F.4 takto:

Příloha 2: Druhy cementu podle ČSN EN 197-1

Druhy cementů dle ČSN EN 197-1:

Hlavní druhy	Označení 27 výrobků (druhy cementu pro obecné použití)	Složení (poměry složek podle hmotnosti) ³⁾												Doplňující složky	
		Hlavní složky													
		Slínek K	Vysokopec- ní struska S	Křemičitý úlet D ³⁾	Pucolány přírodní P	Pucolány přírod. kalcin. Q	Popílky křemičité V	Popílky vápenaté W	Kalcinovaná břidlice T	Vápenec L	LL				
CEM I	Portlandský cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský struskový cement	CEM I/A-S CEM I/B-S	80-94 65-79	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský cement s křemičitým úletem	CEM I/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský pucolánový cement	CEM I/A-P CEM I/B-P	80-94 65-75	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-Q CEM I/B-Q	80-94 65-79	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-V CEM I/B-V	80-94 65-79	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-W CEM I/B-W	80-94 65-79	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	0-5	
	Portlandský cement s kalcinov. Břidlicí	CEM I/A-T CEM I/B-T	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	0-5	
		CEM I/A-L CEM I/B-L	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	0-5	
		CEM I/A-LL CEM I/B-LL	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	0-5	
Portlandský směsný cement ²⁾		CEM I/A-M CEM I/B-M	80-94 65-79	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	6-20 21-35	0-5	
	Vysokopecní cement	CEM III/A CEM III/B	35-64 20-34	36-65 66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM IV	CEM IV/A CEM IV/B	65-89 45-64	-	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	11-35 36-55	0-5
CEM V			CEM V/A CEM V/B	40-64 20-39	18-30 31-50	- -	18-30 31-50	18-30 31-50	18-30 31-50	18-30 31-50	18-30 31-50	18-30 31-50	18-30 31-50	18-30 31-50	0-5

a) Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek.

b) Obsah křemičitého úletu je limitován do 10%.

c) Hlavní složky v portlandském směsném cementu CEM II/A-M a CEM II/B-M, v pucolánovém cementu CEM IV/A a CEM IV/B a ve směsném cementu CEM V/A a CEM V/B mimo slínku musí být deklarovány v označení cementu.

Příloha 3: Technický list plastifikační přísady MasterPozzolith 95



POZZOLITH 95

Plastifikační přísada pro transportbeton k dosažení měkké až tekuté směsi vhodná pro kamenivo citlivé na alkálie. Příklad odpovídá normě EN 934-2.

Použití

- Univerzální k dosažení měkké až tekuté směsi při výrobě transportbetonu.
- Pro zlepšení čerpatelnosti, snížení smrštění a segregace.
- Pro výrobu vodonepropustného a provzdušněného betonu. **POZZOLITH 95** je ideálně kombinovatelný s provzdušňovací přísadou **MICRO AIR 125**.
- V zimních měsících k rychlému odbednění vhodné kombinovat nebo nahradit superplastifikátorem **RHEOBUILD** nebo **GLENIUM**.

Působení

- **POZZOLITH 95** snižuje povrchové napětí záměsové vody a tím dosahuje lepší smáčivosti cementového zrna. Následkem toho vznikne homogenní cementový film nižší hustoty, který snižuje třecí síly v betonu.
- **POZZOLITH 95** způsobuje dobré ztekucení betonové směsi s lehkým zpomalením a vyšší konečnou pevností. Ekvivalent $\text{Na}_2\text{O} < 0,02 \text{ M\%}$ cementu.

Technická data

barva	tmavě hnědá tekutina
objemová hmotnost (při +20 °C)	$1,085 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$
obsah halogenů	pod 0,4 %
obsah chlorků	pod 0,1 %
pH	5,1

Zpracování

- Na betonárně se doporučuje přidat přísadu společně s poslední třetinou záměsové vody popř. dodatečně do hotové betonové směsi.
- Nutné dodržet dobu pro zamíchání do směsi podle konkrétních podmínek, ale minimálně 30 sec (dle intenzity míchacího jádra) – v případě zamíchání v automíchách: 5–8 min. (dle množství betonu).
- Při současném použití přísady jiného výrobce nutno odzkoušet vzájemnou snášenlivost.

Dávkování

- Účinné dávkování obecně je mezi 0,1–0,9 % cementu.
- Konkrétní dávkování je závislé na množství faktorů, např. požadované zpracovatelnosti, druhu cementu, technologii výroby atd.

- Před použitím je nutné provést průkazní zkoušku dle ČSN 73 2400 nebo ČSN EN 206. Bez těchto zkoušek je nutné uvažovat max. dávkování 0,9 % cementu.

Skladování

Chraňte před mrazem a znečištěním!
Při obvyklém skladování (uzavřená nádoba, +20 °C) zaručuje výrobce trvanlivost min. 1 rok.
Zamezit úniku do spodních vod a do kanalizace.

Bezpečnostní opatření

Při práci dodržujte pravidla zacházení s chemickými výrobky (používejte ochranný oděv, pracovní rukavice, ochranné brýle). Po práci si umyjte ruce teplou vodou a mýdlem. Podrážděnou pokožku ošetřete vhodným reparačním prostředkem. Při práci nejezte, nepijte a nekuřte. Při zasažení očí vyplachovat několik minut pod proudem vody a vyhledat lékaře. Při požití nevolávat zvracení a vyhledat lékaře. Další podrobné údaje jsou uvedeny v bezpečnostním listu, který zasíláme na vyžádání.

Balení

- kanystr 20 kg
- sud 200 kg
- kontejner 1000 kg

Odstraňování prázdných obalů

Všechny informace o likvidaci prázdných balení, produktů a jejich zbytků jsou uvedeny v bezpečnostním listu.

Technická podpora

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.



Dodatek: Údaje v tomto technickém listě vycházejí ze současného stavu znalostí a zkušeností. Vzhledem k různým vlivům při použití našich produktů není zpracovatel osvobozen od příslušného odzkoušení. Právně závazná garance jistých vlastností pro konkrétní případ použití není z tohoto technického listu vyvoditelná. Vstupní suroviny a produkty z nich vyrobené podléhají přísné podnikové kontrole. Všechny uvedené údaje jsou platné při běžných aplikacích. Záruku na kvalitu produktů lze převzít pouze v rámci dodacích a prodejních podmínek, ale ne za skladování a další zpracování. Při řešení zvláštních úkolů Vám jsou k dispozici dlouholeté zkušenosti naší laboratoře a technického oddělení.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
fax: +420 226 212 071
e-mail: info.cz@basf.com
www.basf-sh.cz

Sídlo společnosti:
K Májovu 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

Zákaznický servis (příjem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

**Severní a Střední Čechy (Praha),
Jižní a Západní Čechy**
724 102 492

**Severovýchodní a Východní Čechy,
Morava**
721 732 856

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou velmi rozdílné. V našich výrobních listech jsou uvedeny pouze všeobecné pokyny ke zpracování, odpovídající současným znalostem. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu na zamýšlený účel. U zvláštních požadavků je třeba si vyžádat naši poradu. Porada a doporučení jsou prováděny v rámci předmluvních/smluvních vedlejších povinností. Platí naše prodejní a dodací podmínky.
Aktuální informace o produktech firmy jsou dostupné na internetové adrese www.basf-sh.cz
Vydáno: září 2010

Novým vydáním ztrácí staré platnost.

Příloha 4: Technický list plastifikační přísady MasterRheobuild 1026



The Chemical Company

MasterRheobuild 1026

Dříve RHEOBUILD® 1026

Superplastifikační přísada pro transportbetony, pro prefa výrobu, pro provzdušněné betony a injektáže mikrocementy MasterRoc MP.

Přísada odpovídá normě ČSN EN 934-2.

POUŽITÍ

- Superplastifikační přísada pro výrobu tekuté betonové směsi obecně, speciálně pro výrobu provzdušněných transportbetonů.
- MasterRheobuild 1026 lze skvěle kombinovat s provzdušňovacími přísadami MasterAir přičemž vykazuje velice dobrou schopnost udržet strukturu mikropórů, vytvořenou provzdušňovací přísadou.
- Superplastifikační přísada pro injektování extra jemným portlandským cementem MasterRoc MP jako náhrada přísady Rheobuild® 2000 PF.

PŮSOBENÍ

- MasterRheobuild 1026 způsobuje jemnější rozptýlení cementových částic, čímž vznikne homogenní cementový film nižší hustoty, který snižuje třecí síly v betonu.
- MasterRheobuild 1026 zajišťuje dostatečnou zpracovatelnost i při velmi nízkém vodním součiniteli a vede k dosažení vyšších počátečních a konečných pevností betonu.
- Přísada MasterRheobuild 1111 zvyšuje počáteční pevnosti cementových injektážních směsí. Při nízkém vodním součiniteli (cca 0,43) lze dosáhnout pevnosti v tlaku po 1 dni více jak 20 MPa.

TECHNICKÉ ÚDAJE

vzhled	tmavě hnědá kapalina
objemová hmotnost (při +20 °C)	1,17 g/cm ³
obsah chloridů	≤ 0,1 %
obsah alkálií (Na ₂ O ekv.)	≤ 5,6 %

DÁVKOVÁNÍ

- Účinné dávkování obecně je mezi 0,1–3,5 % hmotnosti cementu.
- Konkrétní dávkování je závislé na množství faktorů, např. požadované zpracovatelnosti, druhu cementu, technologii výroby atd.
- Před použitím je nutné provést průkaznou zkoušku dle ČSN EN 206-1.

- Při použití s mikrocementy MasterRoc MP je doporučené dávkování 1,5–3 % hmotnosti pojiva při vodním součiniteli 0,5–1,0.

ZPRACOVÁNÍ

- Na betonárně lze přidat přísadu společně s poslední třetinou záměsové vody, vhodnější je do hotové betonové směsi. Ideální je zamíchat plastifikační přísadu na staveništi bezprostředně před vyprázdněním automixu.
- V každém případě je nutné dodržet minimální dobu míchání (na betonárně: 30–60 s dle intenzity míchacího jádra, v automíchaci 5–8 min dle množství betonu).
- Při současném použití přísady od jiného výrobce nutno odzkoušet vzájemnou snášenlivost.

BALENÍ

- kanystr 20 kg
- sud 200 kg
- kontejner 1000 kg

SKLADOVÁNÍ

- Chránit před mrazem a znečištěním!
- Při obvyklém skladování (uzavřená nádoba, +20 °C) zaručuje výrobce trvanlivost min. 1 rok.

BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY

Přípravek nemá charakter nebezpečné látky ve smyslu zákona č. 350/2011 Sb., v platném znění. Při odborném používání nemá přísada žádný nepříznivý vliv na zdraví. Při manipulaci s chemikálií dodržujte běžná bezpečnostní opatření.

Je třeba zabránit úniku látky do kanalizace, povrchových a spodních vod.

Pokyny pro první pomoc, bezpečnostní pokyny a pokyny pro odstraňování látky a obalů jsou uvedeny v bezpečnostním listu.

TECHNICKÁ PODPORA

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.

MASTER®
» BUILDERS
 SOLUTIONS



The Chemical Company

MasterRheobuild 1026

Dříve RHEOBUILD® 1026

Superplastifikační přísada pro transportbetony, pro prefa výrobu, pro provzdušněné betony a injektáže mikrocementy MasterRoc MP.
Prísada odpovídá normě ČSN EN 934-2.

Zde poskytnuté informace jsou pravdivé, představují naše nejlepší znalosti a jsou založeny nejen na laboratorních pracích, ale i na zkušenostech z terénu. Z důvodu mnoha faktorů ovlivňujících výsledky, tyto informace poskytujeme bez záruk nebo patentové odpovědnosti. Pro další informace prosím kontaktujte příslušného místního zástupce.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
fax: +420 226 212 071
e-mail: info.cz@basf.com
www.basf-sh.cz

Zákaznický servis (příjem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

Centrála BASF SE
Underground Construction
Salzachstrasse 2-12
68199 Mannheim, Germany
Phone +49 621 60 91013
www.ugc.basf.com
E-mail ugc@basf.com

Sídlo společnosti:
K Májovu 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

Manažer pro podzemní stavby
Mobil: +420 724 280 090

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou rozdílné. V technickém listu jsou uvedeny všeobecné pokyny ke zpracování materiálu. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu pro zamýšlený účel. V případě požadavků nad rámec všeobecných pokynů je třeba si vyžádat poradenství odborných a technických poradců prodávajícího, které je poskytováno na základě žádosti kupujícího v rámci servisu zákazníkům a řídí se platnými všeobecnými podmínkami prodávajícího. Prodávající neodpovídá za škodu, odchýlení se kupující při aplikaci a zabudování výrobků do stavby od technických podmínek, skladovacích podmínek, pokynů výrobce a dob jejich použitelnosti. Aktuální informace o produktech firmy, stejně jako všeobecné obchodní podmínky, jsou dostupné na adrese www.basf-sh.cz.
Vydáno: listopad 2013. Novým vydáním pozbývá staré platnost.

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS

Příloha 5: Technický list plastifikační přísady MasterGlenium SKY 665



GLENIUM® SKY 665

Univerzální superplastifikační přísada na bázi polykarboxyláteteru, určená pro výrobu transportbetonu.

Přísada odpovídá normě pro přísady ČSN EN 934-2.

Použití

GLENIUM® SKY 665 vykazuje dobrý plastifikační účinek a zároveň výborné zachování konzistence, zejména v betonech klasifikační třídy podle konzistence F 3 až F 6 dle ČSN EN 206. Přísada **GLENIUM® SKY 665** je na základě svých mnohotvárných vlastností zvláště vhodná pro výrobu transportbetonu.

Působení

GLENIUM® SKY 665 vykazuje ve srovnání s běžně používanými superplastifikačními přísadami výrazně lepší rozptýlení cementových částic. Vzniká velmi dobře zpracovatelný čerstvý beton s vysokou stabilitou. **GLENIUM® SKY 665** způsobuje na základě své molekulární struktury velmi dobré ztekucení, s dlouhotvajícím účinkem. Zároveň beton vykazuje zvýšenou robustnost proti kolísání teploty, kvalitě vstupních materiálů a obsahu vody. Beton obsahující **GLENIUM® SKY 665** má podobný průběh konzistence v širokém rozsahu dávkování.

Technické údaje

skupenství	kapalina
barva	hnědá
obj. hmotnost (při +20 °C)	1,05 ± 0,02 g/cm ³
hodnota pH (při +20 °C)	6,0 ± 1,0 po výrobě
obsah chloridů max.	0,1 % hm.
obsah alkálií max. (ekvivalent Na ₂ O)	1,1 % hm.

Zpracování

Do betonové směsi se doporučuje přidat přísadu společně s poslední třetinou záměsové vody. Je nutné dodržet dostatečnou dobu pro zamíchání přísady do směsi k získání potřebných vlastností.

Dávkování

Doporučené dávkování: 0,2 % až 3,0 % hmotnosti cementu. Před použitím je nutné provést průkazní zkoušku dle ČSN EN 206 pro stanovení optimálních poměrů a dávkování.

Skladování

Chraňte před mrazem a znečištěním. Při obvyklém skladování (uzavřená nádoba, +20 °C) je výrobek použitelný minimálně po dobu 1 roku.

Při skladování je třeba dodržovat předpisy pro zařízení, které nakládají s látkami, které mohou ohrozit kvalitu vodních zdrojů.

Balení

- kanystr 25 kg
- sud 220 kg
- kontejner 1 000 kg
- cisterna

Bezpečnostní pokyny

Přísada nemá charakter nebezpečné látky ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb., v platném znění. Při odborném používání nemá přísada žádný nepříznivý vliv na zdraví. Při manipulaci s chemikálií dodržujte běžná bezpečnostní opatření. Znečištěný oděv odložte, v případě potřísnění kůže opláchnout vodou. Je třeba zabránit úniku látky do kanalizace, povrchových a spodních vod. Pokyny pro první pomoc, bezpečnostní pokyny a pokyny pro odstraňování látky a obalů jsou uvedeny v bezpečnostním listu.

Technická podpora

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.



Dodatek: Údaje v tomto technickém listě vycházejí ze současného stavu znalostí a zkušeností. Vzhledem k různým vlivům při použití našich produktů není zpracovatel osvobozen od příslušného odzkoušení. Právně závazná garance jistých vlastností pro konkrétní případ použití není z tohoto technického listu vyvoditelná. Vstupní suroviny a produkty z nich vyrobené podléhají přísné podnikové kontrole. Všechny uvedené údaje jsou platné při běžných aplikacích. Záruku na kvalitu produktů lze převzít pouze v rámci dodacích a prodejních podmínek, ale ne za skladování a další zpracování. Při řešení zvláštních úkolů Vám jsou k dispozici dlouholeté zkušenosti naší laboratoře a technického oddělení.

BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.
F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9
Hala D2
tel.: +420 226 212 050
fax: +420 226 212 071
e-mail: info.cz@basf.com
www.basf-sh.cz

Zákaznický servis (přijem objednávek)
tel.: +420 469 607 160
fax: +420 469 607 161
e-mail: objednavky.cz@basf.com

**Severní a Střední Čechy (Praha),
Jižní a Západní Čechy**
724 102 492

Sídlo společnosti:
K Májovu 1244, 537 01 Chrudim
tel.: +420 469 607 111
fax: +420 469 607 112

**Severovýchodní a Východní Čechy,
Morava**
721 732 656

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou velmi rozdílné. V našich výrobních listech jsou uvedeny pouze všeobecné pokyny ke zpracování, odpovídající současným znalostem. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu na zamýšlený účel. U zvláštních požadavků je třeba si vyžádat naši poradu. Porada a doporučení jsou prováděny v rámci předem uvolněných smluvních vedlejších povinností. Platí naše prodejní a dodací podmínky. Aktuální informace o produktech firmy jsou dostupné na internetové adrese www.basf-sh.cz.
Vydáno: březen 2011

Novým vydáním pozbývá staré platnost.

Příloha 6: Protokol o zkoušce kameniva 0/4 Tovačov



BETOTECH, s.r.o., Beroun 660, 266 01 BEROUN

zkušební laboratoř Ostrava, Místecká 1121, 703 83 Ostrava - Vítkovice

zkušební laboratoř číslo: 1195.2 akreditovaná ČIA

Objednatel: Českomoravský beton, a.s., Beroun 660, 266 01 Beroun

Objednávka: SOD č. 401/2011 ze dne 3.1.2011 Strana 1

Provozovna: *) Tovačov

Počet stran protokolu: 1

Datum odběru: 13.2.14

Frakce: *) 0/4

Výtisk číslo: 1

Datum převzetí: 13.2.14

Druh kameniva: *) DTK

Celkem výtisků 1

Datum zkoušky: 13.2. - 20.2.14

Protokol číslo: 030/00267/14

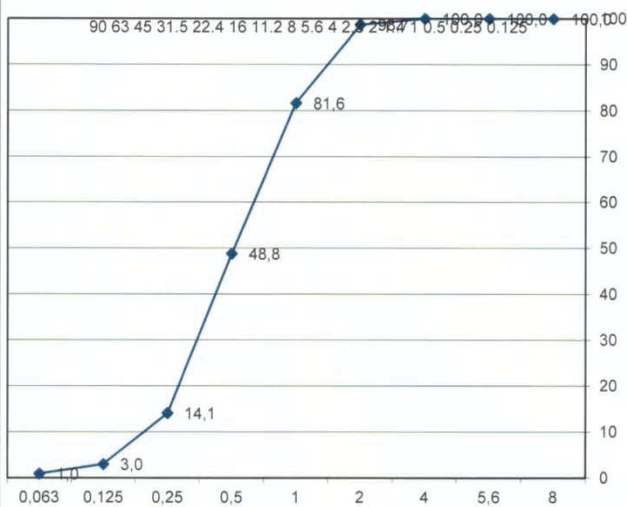
Stanovení zrnitosti kameniva

Identifikace zkušební metody: ČSN EN 933-1

mimo př. A, B

Akreditovaný postup: ano

Síto	Jednotka	Zbytek na síte	Propad sítem	Nejistota měření U
90	% hm.			
63	% hm.			
45	% hm.			
31,5	% hm.			
22,4	% hm.			
16	% hm.			
11,2	% hm.			
8	% hm.	0,0	100	
5,6	% hm.	0,0	100	
4	% hm.	0,0	100	
2,8	% hm.			
2	% hm.	1,3	99	
1,4	% hm.			
1	% hm.	17,1	82	
0,5	% hm.	32,8	49	
0,25	% hm.	34,7	14	
0,125	% hm.	11,1	3	
0,063	% hm.	2,1	1,0	



Vlastnost kameniva	Identifikace metody	Jednotka	Hodnota	Nejistota měření U	Akredit. postup	Zrnitostní rozbor kameniva		
Jemné částice (f)	ČSN EN 933-1, čl. 7.8	% hm.	1,0		ano	Velikost otvorů sít	Hodnota	
Určení tvaru zrn (SI)	ČSN EN 933-4, čl. 7.8	% hm.			ano	2D	8	100,0
Index plochosti (FI)	ČSN EN 933-3	% hm.				1,4D	5,6	100,0
Podíl drcených zrn TK	ČSN EN 933-5	% hm.				D	4	100,0
Cizorodé částice	ČSN 72 1180	% hm.				D/1,4		
Podíl ostrohranných zrn	ČSN EN 933-5	% hm.				D/2		
Stanovení nasákavosti (WA ₂₄)	ČSN EN 1097-6, čl. 8.9	% hm.			ano	d		
Otlukovost (LA)	ČSN EN 1097-2	% hm.				d/2		
Trvanlivost	ČSN 72 1176	% hm.			ano			
Mrazuvzdornost (F)	ČSN EN 1367-1	% hm.						
Stanovení obsahu humusovitých částí	ČSN EN 1744-1, čl. 15.1	-			ano			
Jakost jemných částic (MZ _{NV})	ČSN 72 1187	% hm.						
Jakost jemných částic (MB _F)	ČSN EN 933-9	g/kg						
Stanovení objemové hmotnosti	ČSN EN 1097-6, čl. 8.9	Mg/m ³			ano			
Stanovení sypné hmotnosti	ČSN EN 1097-3, čl. 7.8	Mg/m ³			ano			
Hmotnost setřesená	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³						
Stanovení mezerovitosti	ČSN EN 1097-3, čl. 7.8	%			ano			
Stanovení vlhkosti	ČSN EN 1097-5, čl. 7.8	% hm.	5,6		ano			

Údaje o vzorkování: akreditované vzorkování č.1 provedli dle ČSN EN 932-1 Roztočil

- záznam o odběru vzorku kameniva č.030/00267/14.

Zkoušku provedl:

Jakubková

Úprava vzorku před zkouškou: vzorek zmenšen kvartací

Místo odběru: skládka - Českomoravský beton, a.s.; betonárna Ostrava - Vítkovice

Za vystavení protokolu odpovídá: Ing. Václav Tělecký, technický vedoucí laboratoře

Prohlášení: Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků. Protokol o zkoušce sám o sobě

neznamená schválení zkoušeného výrobku. Protokol nesmí být reprodukován bez písemného

souhlasu zkušební laboratoře jinak než jako celek.

*) Údaje poskytl objednatel



Příloha 7: Protokol o zkoušce kameniva 8/16 Hrabůvka



BETOTECH, s.r.o., Beroun 660, 266 01 BEROUN

zkušební laboratoř Ostrava, Místecká 1121, 703 83 Ostrava - Vítkovice

zkušební laboratoř číslo: 1195.2 akreditovaná ČIA

Objednatel: Českomoravský beton, a.s., Beroun 660, 266 01 Beroun

Objednávka: SOD č. 401/2011 ze dne 3.1.2011 Strana 1

Provozovna: *) Hrabůvka Počet stran protokolu: 1

Frakce: *) 8/16 Výtisk číslo: 1

Druh kameniva: *) HDK Celkem výtisků 1

Datum odběru: 11.2.14

Datum převzetí: 11.2.14

Datum zkoušky: 11.2. - 14.2.14

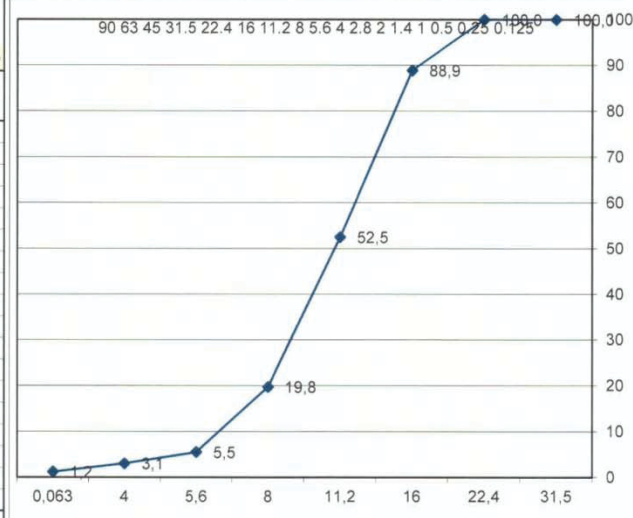
Protokol číslo: 030/00241/14

Stanovení zrnitosti kameniva

Identifikace zkušební metody: ČSN EN 933-1

mimo př. A, B Akreditovaný postup: ano

Síto	Jednotka	Zbytek na sítě	Propad sítem	Nejistota měření U
90	% hm.			
63	% hm.			
45	% hm.			
31,5	% hm.	0,0	100	
22,4	% hm.	0,0	100	
16	% hm.	11,1	89	
11,2	% hm.	36,4	53	
8	% hm.	32,7	20	
5,6	% hm.	14,2	6	
4	% hm.	2,5	3	
2,8	% hm.			
2	% hm.			
1,4	% hm.			
1	% hm.			
0,5	% hm.			
0,25	% hm.			
0,125	% hm.			
0,063	% hm.	1,8	1,2	



Vlastnost kameniva	Identifikace metody	Jednotka	Hodnota	Nejistota měření U	Akredit. postup	Zrnitostní rozbor kameniva		
Jemné částice (f)	ČSN EN 933-1, čl. 7.8	% hm.	1,2		ano	Velikost otvorů sít	Hodnota	
Určení tvaru zrn (SI)	ČSN EN 933-4, čl. 7.8	% hm.			ano	2D	31,5	100,0
Index plochosti (FI)	ČSN EN 933-3	% hm.				1,4D	22,4	100,0
Podíl drcených zrn TK	ČSN EN 933-5	% hm.				D	16	88,9
Cizorodé částice	ČSN 72 1180	% hm.				D/1,4	11,2	52,5
Podíl ostrohranných zrn	ČSN EN 933-5	% hm.				D/2		
Stanovení nasákavosti (WA ₂₄)	ČSN EN 1097-6, čl. 8.9	% hm.			ano	d	8	19,8
Otlukovost (LA)	ČSN EN 1097-2	% hm.				d/2	4	3,1
Trvanlivost	ČSN 72 1176	% hm.			ano			
Mrazuvzdornost (F)	ČSN EN 1367-1	% hm.						
Stanovení obsahu humusovitých částí	ČSN EN 1744-1, čl. 15.1	-			ano			
Jakost jemných částic (MZ _{NV})	ČSN 72 1187	% hm.						
Jakost jemných částic (MB _F)	ČSN EN 933-9	g/kg						
Stanovení objemové hmotnosti	ČSN EN 1097-6, čl. 8.9	Mg/m ³			ano			
Stanovení sypné hmotnosti	ČSN EN 1097-3, čl. 7.8	Mg/m ³			ano			
Hmotnost setřesená	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³						
Stanovení mezerovitosti	ČSN EN 1097-3, čl. 7.8	%			ano			
Stanovení vlhkosti	ČSN EN 1097-5, čl. 7.8	% hm.	2,5		ano			

Údaje o vzorkování: akreditované vzorkování č. 1 provedl dle ČSN EN 932-1 Roztočil

- záznam o odběru vzorku kameniva č. 030/00241/14.

Zkoušku provedl: Jakubková

Úprava vzorku před zkouškou: vzorek zmenšen kvartací

Místo odběru: skládka - Českomoravský beton, a.s.; betonárna Ostrava - Vítkovice

Za vystavení protokolu odpovídá: Ing. Václav Těleček, technický vedoucí laboratoře

Prohlášení: Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků. Protokol o zkoušce sám o sobě

neznamená schválení zkoušeného výrobku. Protokol nesmí být reprodukován bez písemného

souhlasu zkušební laboratoře jinak než jako celek.

*) Údaje poskytl objednatel



Příloha 8: CEM III/A 42,5 N Hranice – CE certifikát, prohlášení o vlastnostech, protokol o měření radionuklidů



TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.
Technical and Test Institute for Construction Prague
Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Certifikační orgán, Notifikovaná osoba, Inspekční orgán
Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Certification Body, Notified Body, Inspection Body
Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 - Prosek, Czech Republic

ES CERTIFIKÁT SHODY

č. 1020 – CPD - 070043311

V souladu se směrnicí Rady 89/106/EHS ze dne 21. prosince 1988 o sblížení zákonů a dalších právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků (směrnice o stavebních výrobcích neboli CPD), ve znění pozdějších předpisů, se potvrzuje, že stavební výrobek:

Cement pro obecné použití, vysokopecní cement EN 197-1- CEM III / A 42,5 N

který uvedl na trh:

Cement Hranice, akciová společnost
Bělotínská 288
753 39 Hranice I – Město
Česká republika
IČ: 15504077

a byl vyroben ve výrobě:

Cement Hranice, akciová společnost
Bělotínská 288
753 39 Hranice I – Město
Česká republika

je u výrobce podrobován řízení výroby a dalším zkouškám vzorků odebraných v místě výroby podle předepsaného zkušebního plánu a že notifikovaná osoba č.

1020 - Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

provedla počáteční zkoušky příslušných charakteristik typu výrobku, počáteční inspekci v místě výroby a systému řízení výroby a vykonává průběžný dohled, posuzování a schvalování systému řízení výroby a auditní zkoušky vzorků odebraných v místě výroby, na trhu nebo na staveništi.

Tento certifikát prokazuje, že byla uplatněna všechna ustanovení týkající se prokazování shody a ukazatelů popsanych v příloze ZA normy

EN 197-1: 2011

a že výrobek splňuje všechny předepsané požadavky.

Tento certifikát byl poprvé vydán 15. června 2012 a zůstává v platnosti tak dlouho, pokud se podmínky stanovené v harmonizované technické specifikaci, na niž byl uveden odkaz, nebo výrobní podmínky v místě výroby či systém řízení výroby sám výrazně nezmění.

Razítko notifikované osoby 1020

Ostrava, 15. června 2012





Ing. Vojtěch Šebek
zástupce vedoucího notifikované osoby



L:\Výveska\Zaznamy\4-01457\CEM III-A 42,5 N.doc

S-10

Prohlášení o vlastnostech č. 4-01457-07

Jedinečný identifikační kód výrobku	Vysokopecní cement EN 197-1 – CEM III/A 42,5 N
Typ	Vysokopecní cement CEM III/A
Zamýšlené použití	Příprava betonu, malty, injektážní malty a jiných směsí pro stavění a pro výrobu stavebních výrobků
Jméno, firma kontaktní adresa výrobce	Cement Hranice, akciová společnost Hranice I-Město, Bělotínská 288, PSČ 753 39 Hranice IČ 155 04 077
Název a kontaktní adresa zplnomocněného zástupce	Neuplatňuje se
Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností	1+
Oznámený subjekt	TZÚS Praha, s.p., Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 vydal ES Certifikát shody č. 1020-CPD-070043311

Vlastnosti uvedené v prohlášení:

Vlastnosti uvedené v příměsi:			
Základní charakteristiky	Vlastnost		Harmonizované technické specifikace
Cement pro obecné použití	CEM III/A		EN 197-1:2011
Příměsi a složení			
Pevnost v tlaku počáteční pevnost [MPa]	≥ 10,0		
Pevnost v tlaku normalizovaná pevnost [MPa]	≥ 42,5	≤ 62,5	
Počátek tuhnutí [min]	≥ 60		
Objemová stálost [mm]	≤ 10,0		
Nerozpustný zbytek [% hmot.]	≤ 5,0		
Ztráta žíháním [% hmot.]	≤ 5,0		
Obsah síranů (jako SO ₃) [% hmot.]	≤ 4,0		
Obsah chloridů [% hmot.]	≤ 0,1		

Vlastnosti výrobku jsou ve shodě s vlastnostmi uvedenými v tabulce.

Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce

Jménem výrobce:

Jaromír Chmela

Předseda představenstva

Hranice, dne: 02. 05. 2013



L:\Vyveska\Zaznamy\4-01457\CEM III-A 42,5 N.doc

S-10

Declaration of performance No. 4-01457-07

Unique identification of product	Blast-furnace slag cement EN 197-1 – CEM III/A 42,5 N
Type	Blast-furnace slag cement CEM III/A
Intended use	Preparation of the concrete, mortar, grouting mortar and other mixture for construction and for manufacturing of building products
Name of the manufacturer Contact address ID No.	Cement Hranice, akciová společnost Hranice I-Město, Bělotínská 288, PSČ 753 39 Hranice 155 04 077
Name and contact address of the authorized representative	Not applicable
System of assessment and verification of constancy of performance	1+
Name of the notified body	Technical and Test Institute for Construction Prague, s.p. Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9-Prosek, Czech Republic issued EC Certificate of compliance No. 1020-CPD-070043311

Declared performance:

Essential characteristics	Performance		Harmonised technical specification
Cement for common use Composition and admixtures	CEM III/A		EN 197-1:2011
Compression strength Initial strength [MPa]	≥ 10,0		
Compression strength Standardized strength [MPa]	≥ 42,5	≤ 62,5	
Initial setting time [min]	≥ 60		
Volume constancy [mm]	≤ 10,0		
Insoluble residue [% mass]	≤ 5,0		
Loss by ignition [% mass]	≤ 5,0		
Sulphate content (SO ₃) [% mass]	≤ 4,0		
Chloride content [% mass]	≤ 0,1		

The performance of the product is in conformity with the performance declared in the chart .

This declaration of performance is issued under the sole responsibility of the manufacturer

Signed for and on behalf of the manufacturer:

Jaromír Chmela

Chairman of the Board of Directors

At Hranice, on May 02, 2013

.....




L:\Vyveska\Zaznamy\4-01457\CEM III-A 42,5 N.doc

S-10

Leistungserklärung Nr. 4-01457-07

Kennkode des Produkttyps	Hochofenzement EN 197-1 – CEM III/A 42,5 N
Typ	Hochofenzement CEM III/A
Vom Hersteller vorgesehener Verwendungszweck	Vorbereitung von Beton, Mörtel, Injektionsmörtel und andere Mischungen für den Bauverwalter und zur Herstellung von Bauprodukten
Name, Kontaktanschrift des Herstellers Id.-Nr.	Cement Hranice, akciová společnost Hranice I-Město, Bělotínská 288, PLZ 753 39 Hranice 155 04 077
Name und Kontaktanschrift des Bevollmächtigten	Nicht zu treffend
System zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit	1+
Name der notifizierenden Stelle	TZÚS Praha, s.p., Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 Ausgabe: EG-Konformitätszertifikat Nr. 1020-CPD-070043311

Erklärte Leistung:

Wesentliche Merkmale	Leistung		Harmonisierte technische Spezifikation
Zement zur allgemeinen Verwendung Zusatzstoffe und Zusammensetzung	CEM III/A		EN 197-1:2011
Druckfestigkeit Anfangsfestigkeit [MPa]	≥ 10,0		
Druckfestigkeit Normalisierte Festigkeit [MPa]	≥ 42,5	≤ 62,5	
Erstarrungsbeginn [min]	≥ 60		
Raumbeständigkeit [mm]	≤ 10,0		
Unlöslicher Rückstand [Masse-%]	≤ 5,0		
Glühverlust [Masse-%]	≤ 5,0		
Sulfatgehalt (als SO ₃) [Masse-%]	≤ 4,0		
Chloridgehalt [Masse-%]	≤ 0,1		

Die Leistung des Produkts befindet sich mit den in der Tabelle angeführten Eigenschaften in Übereinstimmung.

Verantwortlich für die Erstellung dieser Leistungserklärung: Herausgegeben auf ausschließlicher Verantwortung des Herstellers.

Unterzeichnet für den Hersteller und im Namen des Herstellers von:

Jaromír Chmela

Vorstandsvorsitzender

Hranice, den: 02. 05. 2013

.....


**Cement Hranice**

L:\Vyveska\Zaznamy\4-01457\CEM III-A 42,5 N.doc

S-10

Vyhlášení o parametrech č. 4-01457-07

Jedinečný identifikačný kód výrobku	Vysokopecný cement EN 197-1 – CEM III/A 42,5 N
Typ	Vysokopecný cement CEM III/A
Zamýšľané použitia	Príprava betónu, malty, injektážnej malty a iných zmesí pre stavanie a pre výrobu stavebných výrobkov
Výrobca Kontaktná adresa výrobcu	Cement Hranice, akciová spoločnosť Hranice I-Město, Bělotínská 288, PSČ 753 39 Hranice IČ 155 04 077
Meno a kontaktná adresa Splnomocneného zástupcu	Neuplatňuje sa
Systém posudzovania a overovania nemennosti parametrov výrobku	1+
Notifikovaná osoba	TZÚS Praha, s.p., Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 vydala ES Certifikát o zhode č. 1020-CPD-070043311

Deklarované parametre:

Podstatné vlastnosti	Parametre		Harmonizované technické špecifikácie
Cement pro obecné použitie Prímеси a zloženie	CEM III/A		EN 197-1:2011
Pevnosť v tlaku počiatočná pevnosť [MPa]	≥ 10,0		
Pevnosť v tlaku normalizovaná pevnosť [MPa]	≥ 42,5	≤ 62,5	
Počiatok tuhnutia [min]	≥ 60		
Objemová stálosť [mm]	≤ 10,0		
Nerozpustný zbytok [% hmot.]	≤ 5,0		
Ztrata žiháním [% hmot.]	≤ 5,0		
Obsah síranov (ako SO ₃) [% hmot.]	≤ 4,0		
Obsah chloridov [% hmot.]	≤ 0,1		

Parametre výrobku sú v zhode s deklarovateľmi parametrami uvedenými v tabuľke.
Toto vyhlásenie o parametrech se vydáva na výhradnú zodpovednosť výrobcu

Podpísal za a v mene výrobcu:

Jaromír Chmela

Predseda predstavenstva

Hranice, dne: 02. 05. 2013



L:\Vyveska\Zaznamy\4-01457\CEM III-A 42,5 N.doc

S-10

Deklaracja właściwości użytkowych Nr. 4-01457-07

Niepowtarzalny kod identyfikacyjny typu wyrobu	Cement hutniczy EN 197-1 – CEM III/A 42,5 N
Numer typu	Cement hutniczy CEM III/A
Zastosowania wyrobu budowlanego	Przygotowywanie betonu, zaprawy, zaczynu i innych mieszanek dla budownictwa i produkcji wyrobów budowlanych
Nazwa producenta Adres kontaktowy NIP	Cement Hranice, akciová společnost Hranice I-Město, Bělotínská 288, PSČ 753 39 Hranice 155 04 077
Nazwa i adres kontaktowy Upoważnionego przedstawiciela	Nie jest wskazany
System oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobu	1+
Nazwa i numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej	TZÚS Praha, s.p., Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 wydał WE Certyfikat zgodności Nr. 1020-CPD-070043311

Deklarowane właściwości użytkowe :

Zasadnicze charakterystyki	Właściwości użytkowe		Zharmonizowana specyfikacja techniczna
Cement powszechnego użytku Skład	CEM III/A		EN 197-1:2011
Wytrzymałość na ściskanie Wytrzymałość wczesna [MPa]	≥ 10,0		
Wytrzymałość na ściskanie Wytrzymałość normowa [MPa]	≥ 42,5	≤ 62,5	
Początek czasu wiązania [min]	≥ 60		
Stołość objętości [mm]	≤ 10,0		
Pozostałość nierozpuszczalna [% masy]	≤ 5,0		
Strata prażenia [% masy]	≤ 5,0		
Zawartość siarczanów (SO ₃) [% masy]	≤ 4,0		
Zawartość chlorków [% masy]	≤ 0,1		

Właściwości użytkowe wyrobu są zgodne z właściwościami użytkowymi deklarowanymi w tabeli .


Niniejsza deklaracja właściwości użytkowych wydana zostaje na wyłączną odpowiedzialność producenta

W imieniu producenta podpisał:

Jaromír Chmela

Prezes

Hranice, data wydania: 02. 05. 2013

.....

Příloha 9: Tabulka zkoušek ztvrdlého betonu - pevnosti v tlaku po 2, 7 a 28 dnech.

<i>Výsledky pevnosti v tlaku</i>						
<i>Pevnost v tlaku</i>	po 2 dnech		po 7 dnech		po 28 dnech	
	hmotnost	pevnost v tlaku	hmotnost	pevnost v tlaku	hmotnost	pevnost v tlaku
<i>Záměs</i>	[kg]	[MPa]	[kg]	[MPa]	[kg]	[MPa]
1	7,923	13,692	7,951	26,006	7,936	45,116
	7,961	14,632	7,886	26,815	7,972	44,491
2	8,001	13,306	7,949	27,652	7,978	47,326
	7,956	13,952	7,899	27,212	7,916	43,312
3	7,948	14,963	7,963	26,321	7,921	43,151
	7,908	15,882	7,926	28,893	7,946	45,623
4	7,961	16,321	7,983	28,596	8,002	46,912
	7,959	16,142	7,968	28,475	7,918	45,523
5	7,861	13,242	7,892	27,175	7,961	44,412
	7,892	11,789	7,881	26,343	7,912	44,789
6	7,889	12,612	7,862	26,312	7,949	44,792
	7,812	11,556	7,911	25,789	7,941	42,489
7	7,968	9,826	7,869	25,865	7,936	47,621
	7,973	10,456	7,889	26,621	7,955	49,413
8	8,071	13,721	7,996	25,631	7,915	43,982
	8,052	13,701	8,001	23,888	7,905	43,017
9	7,918	13,201	7,949	25,520	7,958	41,456
	7,899	15,302	7,979	25,501	7,979	43,156
10	7,919	14,288	7,995	27,630	7,912	41,623
	7,907	14,366	7,941	26,869	7,926	43,730
11	7,925	13,333	7,962	26,983	7,902	42,412
	7,939	13,291	7,898	26,344	7,934	44,300
12	7,849	14,552	8,003	26,337	7,979	41,309
	7,956	12,553	7,912	26,009	7,955	43,862
13	7,881	15,120	8,003	26,001	7,915	44,408
	7,846	14,583	7,971	27,288	7,971	42,622
14	7,99	15,229	8,006	27,000	7,996	47,269
	7,957	14,523	7,998	27,115	8,002	47,114
15	8,001	14,923	7,996	29,301	8,002	45,665
	7,992	15,110	7,969	28,881	8,004	46,466
16	8,001	14,223	8,001	29,189	8,001	46,411
	7,992	15,479	8,009	29,001	8,008	47,823
17	7,906	14,963	8,111	29,369	8,000	46,827
	8,049	15,882	8,056	29,212	8,064	48,511
18	7,936	16,321	8,112	29,226	8,052	48,622
	7,962	15,223	8,042	30,479	8,020	48,009
19	7,793	8,996	7,822	22,412	7,812	36,212
	7,856	9,194	7,856	21,802	7,852	38,963
20	7,821	10,256	7,798	23,151	7,844	39,321
	7,796	10,236	7,800	21,001	7,789	37,126
21	7,863	11,125	7,779	24,123	7,812	37,923
	7,789	10,001	7,852	22,162	7,872	37,901
22	7,896	9,708	7,923	21,005	7,854	37,152
	7,846	10,079	7,843	20,453	7,811	37,002